



TUGAS AKHIR - RC 141501

**PERANCANGAN GEOMETRI JALAN REL
KAMAL-PELABUHAN TANJUNG BULUPANDAN
DI MADURA**

MUHAMMAD ZAINAL MUTTAQIN
NRP. 3114100146

Dosen Pembimbing 1
Ir. Wahyu Herijanto, MT

Dosen Pembimbing 2
Budi Rahardjo, ST., MT

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018



TUGAS AKHIR - RC 141501

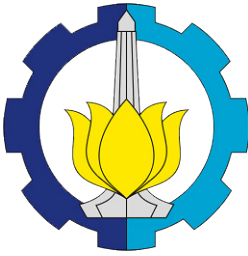
**PERANCANGAN GEOMETRI JALAN REL
KAMAL-PELABUHAN TANJUNG BULUPANDAN
DI MADURA**

MUHAMMAD ZAINAL MUTTAQIN
NRP. 3114100146

Dosen Pembimbing 1
Ir. Wahyu Herijanto, MT

Dosen Pembimbing 2
Budi Rahardjo, ST., MT

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018



FINAL PROJECT - RC 141501

**GEOMETRIC RAILWAY DESIGN KAMAL-PORT OF
TANJUNG BULUPANDAN IN MADURA**

MUHAMMAD ZAINAL MUTTAQIN
NRP. 3114100146

Consellor Lecturer 1
Ir. Wahyu Herijanto, MT

Consellor Lecturer 2
Budi Rahardjo, ST., MT

MAJORING IN CIVIL ENGINEERING
Faculty of Civil, Enviromental, and Geo-Engineering
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya
2018

PERANCANGAN GEOMETRI JALAN REL KAMAL-PELABUHAN TANJUNG BULUPANDAN DI MADURA

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Transportasi
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

MUHAMMAD ZAINAL MUTTAQIN

NRP. 31114100146

Disetujui oleh: Ir. Wahyu Herijanto, MT. Tugas Akhir:

Ir. Wahyu Herijanto, MT.

Budi Rahardjo, ST, MT.



**SURABAYA
JULI 2018**

Halaman ini sengaja dikosongkan

PERANCANGAN GEOMETRI JALAN REL KAMAL-PELABUHAN TANJUNG BULUPANDAN DI MADURA

Nama Mahasiswa : Muhammad Zainal Muttaqin
NRP : 3114100146
Departemen : Teknik Sipil FTSLK – ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Wahyu Herijanto, MT.
Budi Rahardjo, ST. MT.

ABSTRAK

Di dalam Rencana Tata Ruang Wilayah Bangkalan tahun 2009-2019 terdapat rencana pengembangan strategis jalur kereta api terutama untuk melayani angkutan massal regional maupun nasional baik penumpang maupun barang bagi wilayah industri terutama pelabuhan serta melayani terminal penumpang laut. Sedangkan Kabupaten Bangkalan memiliki rencana pengembangan prasarana transportasi laut yaitu proyek pembangunan Pelabuhan Peti Kemas Tanjung Bulupandan di Kecamatan Klampis sebagai pelabuhan peti kemas internasional, serta pengembangan zona industri di kawasan pelabuhan peti kemas. Adapun tujuan yang akan dicapai dalam pembangunan jaringan jalan rel Kabupaten Bangkalan antara lain dari aspek transportasi ialah berkurangnya konstruksi jalan raya dan pemakaian energi dalam jumlah yang besar dengan adanya perpindahan angkutan massal dari jalan raya ke jalan rel. Metode yang digunakan dalam menyelesaikan permasalahan adalah mengumpulkan data sekunder, menentukan rute terbaik beberapa alternatif rute

menggunakan multi criteria analysis, membuat gambar geometrik dari rute yang terpilih dan membuat rencana anggaran biaya (RAB). Hasil dari tugas akhir ini adalah rencana trase Kamal-Pelabuhan Tanjung Bulupandan. Jalur kereta api didesain menggunakan jenis rel R54 dengan lebar sepur 1067 mm, kecepatan maksimum 120 km/jam, jenis penambat pandrol elastik tunggal, Panjang trase yang dirancang sepanjang 37,1 km menggunakan bantalan beton dengan jarak 60 cm. Dan rencana anggaran biaya yang dibutuhkan sebesar Rp. 785.448.669.000

Kata kunci: Geometri Jalan Rel, Konstruksi Jalan Rel, Rencana Anggaran Biaya, Kamal-Pelabuhan Tanjung Bulupandan

GEOMETRIC RAILWAY DESIGN KAMAL-PORT OF TANJUNG BULUPANDAN IN MADURA

Name : Muhammad Zainal Muttaqin
NRP : 3114100146
Department : Civil Engineering ITS
Supervisor : Ir. Wahju Herijanto, MT.
Budi Rahardjo, ST. MT.

ABSTRACT

In the Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Bangkalan 2009-2019 there is a strategic plan for the development of railways, especially to serve regional and national mass transport both passengers and goods for industrial areas, especially the port and serve the sea passenger terminal. While Bangkalan Regency has sea transportation infrastructure development plan that is construction of Tanjung Bulupandan Container Port in Klampis Sub-district as international container port, and development of industrial zone in container harbor area. The objectives to be achieved in the construction of railway network of Bangkalan Regency, among others, from the transportation aspect is the reduction of highway construction and the use of energy in large numbers with the movement of mass transit from the highway to the rail road. The methods used in solving the problem are collecting secondary data, determining the best route of multiple route alternatives using multi criteria analysis, creating geometric images of selected routes and creating cost budget plans. The result of this final project is Kamal-Port of Tanjung Bulupandan. The railway line is designed

using R54 rail type with 1067 mm rail gauge, maximum speed of 120 km / h, single elastic pandrol type, 37,1 km long trace length using concrete sleeper with 60 cm distance. And budget plan cost is Rp. 785,448,669,000

Keyword: Railway Geometric, Railway Construction, Budget Plan, Kamal-Pelabuhan Tanjung Bulupandan

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul **“Perancangan Geometri Jalan Rel Kamal-Pelabuhan Tanjung Bulupandan Di Madura”** tepat pada waktunya.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini tidak akan mampu diselesaikan tanpa arahan, bantuan, bimbingan serta dukungan dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah Subhanallahu Wa ta'ala yang telah memudahkan hamba-Nya dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Orang tua dan keluarga saya yang tiada hentinya selalu mendukung dan mendoakan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
3. Bapak Ir. Wahyu Herijanto, MT. serta bapak Budi Rahardjo, ST. MT selaku dosen konsultasi, yang senantiasa membimbing penulis dalam mengerjakan Tugas Akhir dengan sabar dan rendah hati
4. Bapak Anak Agung Gde Kartika, ST. M.Sc. selaku dosen mata kuliah Teknik Penulisan Ilmiah.
5. Bapak Chusnul dari Geomatika ITS yang membantu saya mengajarkan penggunaan aplikasi *ArcGis*
6. Kawan-kawan angkatan S-57 yang telah berjuang bersama-sama menyelesaikan studi di Departemen Teknik Sipil ITS.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan tugas akhir ini.

Akhir kata penulis mengharapkan, semoga Tugas Akhir ini dapat memenuhi harapan dan bermanfaat bagi kita semua, khususnya mahasiswa Teknik Sipil.

Surabaya, Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	iii
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	5
1.3. Tujuan.....	6
1.4. Batasan Masalah	6
1.5. Manfaat.....	7
1.6. Lokasi	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1. Penentuan Alternatif Trase Terpilih	9
2.2. Perencanaan Konstruksi Jalan Rel.....	10
2.2.1. Kecepatan dan Beban Gandar	10
2.2.2. Standart Jalan Rel	11
2.2.3. Pengalokasian Ruang Operasi	12
2.3. Geometrik Jalan Rel	15
2.3.1. Lebar Sepur	15
2.3.2. Kelandaian Medan.....	16
2.3.3. Alinyemen Horizontal	17
2.3.4. Alinyemen Vertikal	21
2.3.5. Pelebaran Jalan Rel.....	21
2.3.6. Peninggian Rel.....	22
2.4. Bantalan Rel.....	23
2.4.1. Syarat Bantalan Beton	24

2.5.	Komponen Penambat Rel	24
2.6.	Lapisan Balas dan Sub-Balas.....	25
2.6.1.	Sub Balas	26
2.6.2.	Balas	27
2.7.	Rencana Anggaran Biaya.....	28
2.7.1.	Menentukan Future Value	28
2.7.2.	Volume Pekerjaan	29
2.7.3.	Harga Satuan Pekerjaan.....	29
BAB III METODOLOGI		31
3.1.	Diagram Alir.....	31
3.1.1.	Identifikasi Masalah	32
3.1.2.	Studi Pustaka	32
3.1.3.	Pengumpulan Data.....	32
3.1.4.	Pengolahan Data.....	33
3.1.5.	Gambar Rencana	34
3.1.6.	Perhitungan Rencana Anggaran Biaya...	34
3.2.	Kesimpulan	34
BAB IV ANALISIS DAN PERENCANAAN ..		35
4.1.	Analisis Trase	35
4.1.1.	Kriteria Trase.....	38
4.1.2.	Pemilihan Trase	39
4.1.3.	Trase Terpilih	43
4.2.	Moda yang Digunakan.....	43
4.3.	Perencanaan Geometrik Jalur Ganda	45
4.3.1.	Alinyemen Horisontal	45
4.3.2.	Alinyemen Vertikal	55
4.4.	Perencanaan Struktur Jalan Rel	59
4.4.1.	Penentuan Profil Bantalan	59
4.4.2.	Penentuan Balas dan Sub Balas.....	60
4.4.3.	Perencanaan Peron.....	65
4.4.4.	Perencanaan Wesel.....	66
BAB V RENCANA ANGGARAN BIAYA		71
5.1.	Rincian Volume Pekerjaan	71

5.2.	Analisis Pekerjaan Proyek	74
5.3.	Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya....	75
BAB VI KESIMPULAN		80
6.1.	Kesimpulan	80
6.2.	Saran	81
DAFTAR PUSTAKA.....		82

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta Lama Jalur Kereta Api Pulau Madura .	2
Gambar 1.2 Peta Lokasi Rencana.....	8
Gambar 2.1 Ruang Bebas Lebar Rel 1067 mm Pada Jalur Lurus Untuk Jalur Ganda.....	13
Gambar 2.2 Ruang Bebas Rel 1067 mm Pada Lengkungan Untuk Jalur Ganda.....	14
Gambar 2.3 Lebar Jalan rel dengan dimensi 1067 mm .	16
Gambar 2.4 Lengkung horizontal dengan lengkung peralihan (<i>Spiral-Circle-Spiral</i>)	19
Gambar 2.5 Komponen penambat <i>D.E Spring Clip</i>	25
Gambar 2.6 Bagan perhitungan <i>future value</i>	28
Gambar 3.1 Diagram Alir.....	32
Gambar 4.1 Lokasi alternatif trase 1	36
Gambar 4.2 Lokasi alternatif trase 2	37
Gambar 4.3 Lokasi alternatif trase 3	38
Gambar 4.4 Kereta Ekonomi Premium	44
Gambar 4.5 sampel trase pada titik A, PI 1, PI2	45
Gambar 4.6 Diagram Alinyemen Horizontal	57
Gambar 4.7 Tampak memanjang bantalan terpilih	60
Gambar 4.8 Tampak melintang bantalan terpilih	60
Gambar 4.9 bentuk penampang kelas jalan rel I	64
Gambar 4.10 Dimensi peron dalam meter.....	66
Gambar 4.11 Denah Stasiun Kamal	67
Gambar 4.12 Denah Halte Telang	67
Gambar 4.13 Denah Stasiun Socah	68
Gambar 4.14 Denah Stasiun Bangkalan	68
Gambar 4.15 Denah Stasiun Tanjung Bulupandan	69

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Jalan rel	11
Tabel 2.2 Jarak Ruang Bangun.....	15
Tabel 2.3 Landai Penentu Maksimum.....	17
Tabel 2.4 Jari-jari minimum yang diijinkan	18
Tabel 2.5 Jari-jari minimum lengkung vertikal	21
Tabel 2.6 Pelebaran Sepur	22
Tabel 2.7 Standar Saringan.....	26
Tabel 4.1 Nilai Multi Criteria Analysis	39
Tabel 4.2 matriks pairwise comparison	40
Tabel 4.3 Hasil kuadrat matriks.....	40
Tabel 4.4 Bobot Multi Criteria Analysis	41
Tabel 4.5 Multi Criteria Analysis alternatif 1.....	41
Tabel 4.6 Multi Criteria Analysis alternatif 2.....	42
Tabel 4.7 Multi Criteria Analysis alternatif 3.....	43
Tabel 4.8 Perhitungan sudut tikungan jalur kiri	48
Tabel 4.9 Perhitungan sudut tikungan jalur kanan	49
Tabel 4.10 Perhitungan alinyemen horizontal kiri	53
Tabel 4.11 Perhitungan alinyemen horizontal kanan	54
Tabel 4.12 Perhitungan Alinyemen Vertikal.....	58
Tabel 4.13 Persyaratan Material Sub Balas.....	62
Tabel 4.14 Dimensi Penampang Melintang Rel	62
Tabel 4.15 Data Wesel Stasiun Kamal	67
Tabel 4.16 Data Wesel Stasiun Socah	68
Tabel 4.17 Data Wesel Stasiun Bangkalan.....	68
Tabel 4.18 Data Wesel Stasiun Tanjung Bulupandan ...	69
Tabel 5.1 Volume Pekerjaan Pembangunan.....	73
Tabel 5.2 Harga Satuan Pekerjaan.....	74
Tabel 5.3 Perhitungan Rencana Anggaran Biaya.....	77

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kereta api adalah sarana perkeretaapian dengan tenaga gerak, baik berjalan sendiri maupun dirangkaikan dengan sarana perkeretaapian lainnya, yang akan ataupun sedang bergerak di jalan rel terkait dengan perjalanan kereta api (Menteri Perhubungan Republik Indonesia, 2012; Menteri Perhubungan Republik Indonesia, 2012). Di negara Indonesia kereta api bukan menjadi pilihan utama bagi masyarakat. Pmoda transportasi jalan rel memiliki harga yang relatif murah, serta bisa digunakan untuk mengangkut orang dan barang dalam jumlah besar. Jaringan rel di Indonesia sendiri masih tergolong sedikit dan tidak merata. Pada tahun 2009 panjang jalan kereta api yang beroperasi hanya sebesar 4,684 km, turun 31,2% dibandingkan panjang jalan kereta api pada tahun 1939 (Rencana Induk Perkeretaapian Nasional, 2011)

Sedangkan di Pulau Madura, saat ini jalur kereta api yang ada sudah tidak beroperasi. Jalur kereta api di Madura pertama kali dibuka oleh Pemerintah Hindia Belanda pada tahun 1898. Tetapi pada masa pendudukan jepang, banyak rel yang dibongkar oleh Jepang untuk dijadikan senjata dan pada masa kemerdekaan jalur kereta yang tersisa hanya jalur Pamekasan sampai Kamal. Namun seiring dengan perkembangan jaman, moda transportasi kereta api di Madura mulai ditinggalkan dan beralih ke angkutan lain. Sehingga pada tahun 1987, jalur kereta api di Madura resmi ditutup. Dan kondisi jalur

kereta api yang ada di Madura pada umumnya dalam kondisi rusak.



Gambar 1.1 Peta Lama Jalur Kereta Api Pulau Madura

Sumber: *bangkalanmemory.blogspot.id*, diakses 28 desember 2017

Sesuai arahan pengembangan perkeretaapian nasional dalam Rencana Induk Perkeretaapian tahun 2011 diharapkan sarana kereta api terintegrasi dengan moda lain, terjangkau oleh seluruh lapisan masyarakat, serta tersebar di pulau-pulau besar, salah satunya yaitu Pulau Madura. Transportasi di Madura saat ini mengandalkan jaringan jalan raya. Hanya terdapat 1 jalur nasional yang menghubungkan antara kecamatan Kamal, Kabupaten Bangkalan sampai dengan kecamatan Kalianget, Kabupaten Sumenep. Pada tahun 2016 tercatat 7,5 juta kendaraan masuk maupun keluar melewati Jembatan Suramadu.

Pulau Madura berdasarkan administratif dibagi dalam empat wilayah kabupaten, salah satunya adalah Kabupaten Bangkalan. Kabupaten Bangkalan terletak antara 6° 5' - 7° 11' Lintang Selatan dan antara 112° 40' – 113° 08' Bujur Timur memiliki luas wilayah 1.144,75 km². Dengan jumlah penduduk pada tahun 2016 sebesar 962.773 jiwa, Kabupaten Bangkalan merupakan salah satu daerah strategis untuk pengembangan moda transportasi berbasis rel. Selain produksi tanaman pangan (padi, jagung, kedelai, kacang tanah, kacang hijau, ubi kayu, dan ubi jalar) di Kabupaten Bangkalan mencapai 561 ribu ton, hasil produksi perkebunan tebu 40 ribu ton dan kelapa 2 ribu ton menjadi bahan pertimbangan dan dasar pengembangan sehingga tidak terjadi kendala dalam pendistribusiannya. Selain hal diatas terdapat 504 unit perusahaan yang terdiri dari industri mikro sampai industri besar serta 88 pasar yang tersebar di 18 kecamatan Kabupaten Bangkalan. Sektor Perikanan dengan hasil perikanan laut sebesar 24.966,6 ton dan hasil perikanan budi daya 4.055,7 ton (*Kabupaten Bangkalan dalam angka, 2016*).

Berdasarkan Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Bangkalan tahun 2009-2029 terdapat rencana pengembangan strategis jalur kereta api terutama untuk melayani angkutan massal regional maupun nasional baik penumpang maupun barang bagi wilayah industri terutama pelabuhan serta melayani terminal penumpang laut. Rencana jalur yang dibangun merupakan revitalisasi rel kereta api Kamal-Sampang-Pamekasan-Sumenep. Untuk pengembangan jalur kereta api Kamal-Socah-

Bangkalan terdapat didalam Rencana Induk Perkeretaapian Nasional.

Di sisi lain Kabupaten Bangkalan juga memiliki rencana pengembangan prasarana transportasi laut yaitu proyek pembangunan Pelabuhan Peti Kemas Tanjung Bulupandan di Kecamatan Klampis sebagai pelabuhan peti kemas internasional, serta pengembangan zona industri di kawasan pelabuhan peti kemas. Kemudian pengembangan Kota Metropolitan Bangkalan yang terdiri dari Kota Bangkalan dan Perkotaan sekitar Kawasan Kaki Jembatan Suramadu dan kota satelit (Perkotaan Socah dan Perkotaan Klampis) yang didukung oleh sistem angkutan massal perkotaan. Namun pembangunan infrastruktur Kabupaten Bangkalan pendukung yang direncanakan hanya sebatas pembangunan jalan kolektor primer yang menghubungkan antar daerah, salah satunya Padahal untuk distribusi barang khususnya untuk mendukung Pelabuhan Peti Kemas Tanjung Bulupandan membutuhkan distribusi barang yang banyak apabila menggunakan moda transportasi berbasis jalan seperti truk maupun trailer. Kondisi ini tidak didukung dengan kondisi jalan yang berdasarkan tahun 2016 terdapat kondisi jalan rusak berat sepanjang 188.683 km, sehingga dapat meningkatkan resiko menambah beban jalan Kabupaten Bangkalan.

Maka cara yang dapat dilakukan dalam menangani distribusi angkutan barang ini adalah dengan membuat alternatif moda lain yang mampu difungsikan sebagai angkutan massal yaitu pengembangan jaringan jalan rel di Kabupaten bangkalan. Dan pembangunan jaringan jalan rel ini dititik beratkan pada angkutan barang yang

terintegrasi dengan Pelabuhan Peti Kemas Tanjung Bulupandan diikuti dengan penyediaan angkutan penumpang perkotaan serta antar kota baik di kabupaten Bangkalan sendiri maupun Madura.

Adapun tujuan yang akan dicapai dalam pembangunan jaringan jalan rel Kabupaten Bangkalan antara lain dari aspek ekonomi mendukung pembangunan ekonomi yang hanya mengalami pertumbuhan 0,66% pada tahun 2016 sehingga diharapkan dapat meningkatkan taraf hidup masyarakat. Dan dari aspek transportasi ialah berkurangnya konstruksi jalan raya dan pemakaian energi dalam jumlah yang besar dengan adanya perpindahan angkutan barang dari jalan raya ke jalan rel.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana bentuk trase jalan rel antara Kamal-Pelabuhan Tanjung Bulupandan sesuai topografi yang ada?
2. Bagaimana bentuk alinyemen geometri jalan rel antara Kamal-Pelabuhan Tanjung Bulupandan sesuai dengan persyaratan yang ada?
3. Bagaimana merencanakan konstruksi jalan rel (tipe rel, bantalan, ballast) antara Kamal-Pelabuhan Tanjung Bulupandan lebar sepur 1067 mm?
4. Berapa rencana anggaran biaya yang diperlukan dalam perencanaan konstruksi jalan rel Kamal-Pelabuhan Tanjung Bulupandan?

1.3. Tujuan

Dengan rumusan masalah tersebut, maka tujuan yang diharapkan tercapai adalah sebagai berikut :

1. Merencanakan bentuk trase jalan rel antara Kamal-Pelabuhan Tanjung Bulupandan yang tepat untuk kondisi topografi yang ada.
2. Merencanakan bentuk alinyemen geometri jalan rel antara Kamal-Pelabuhan Tanjung Bulupandan sesuai dengan persyaratan yang ada.
3. Merencanakan konstruksi jalan rel antara Kamal-Pelabuhan Tanjung Bulupandan sesuai dengan lebar sepur yang ada di Indonesia (1067 mm)
4. Mendapatkan rencana anggaran biaya yang diperlukan dalam perencanaan konstruksi jalan rel antara Kamal-Pelabuhan Tanjung Bulupandan

1.4. Batasan Masalah

Untuk menghindari adanya penyimpangan pembahasan dalam tugas akhir ini maka dibuatlah suatu batasan dalam perencanaannya. Adapun batasan-batasan masalah yang dipakai dalam tugas akhir ini antara lain :

1. Data yang dipakai adalah data sekunder.
2. Daerah perencanaan hanya berada di dalam Kabupaten Bangkalan.
3. Tidak membahas persinyalan, jembatan, maupun infrastruktur kereta api lain (stasiun, dipo, rumah sinyal)

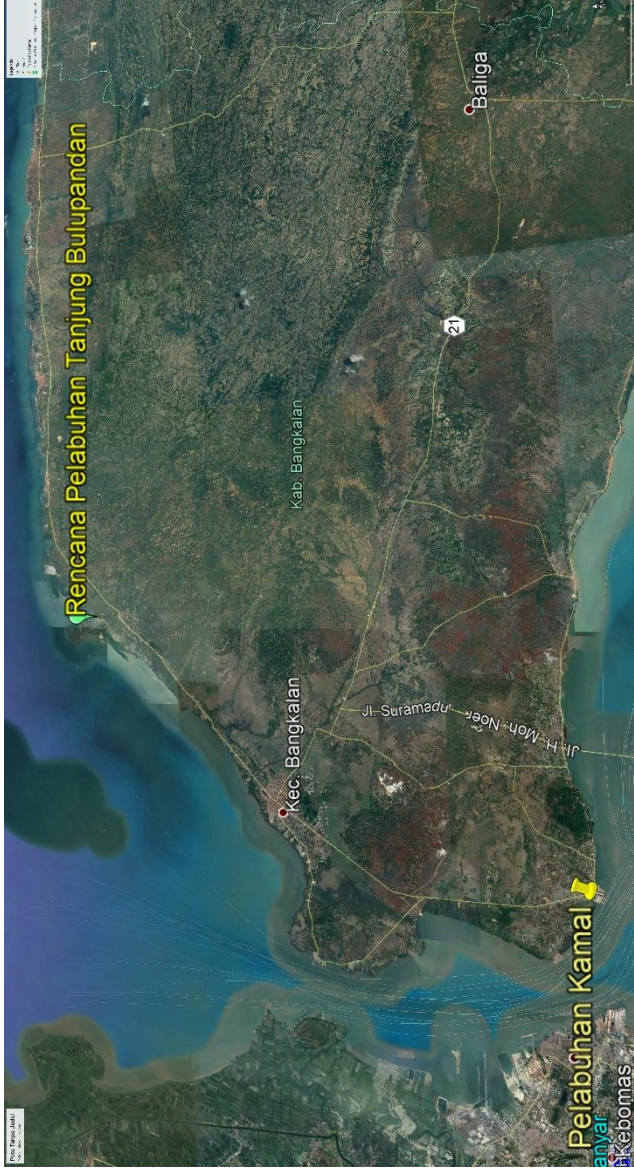
4. Tidak dilakukan perhitungan kekuatan timbunan jalan kereta api baru
5. Tidak menghitung tarikan penumpang
6. Tidak menghitung *headway* perjalanan kereta
7. Tidak melakukan perhitungan sistem drainase

1.5. Manfaat

Pada akhirnya setelah menyelesaikan tugas akhir ini, diharapkan dapat bermanfaat bagi pemerintah sebagai pembanding dan masukan terhadap perkembangan pembangunan perkeretaapian Kabupaten Bangkalan sehingga dapat membuat kereta api sebagai alternatif transportasi massal untuk mengurangi beban kendaraan terhadap jalan yang kedepannya diharapkan dapat meningkatkan perekonomian masyarakat di Pulau Madura, khususnya daerah Kabupaten Bangkalan

1.6. Lokasi

Lokasi tugas akhir ini berada di Pulau Madura, tepatnya di Kabupaten Bangkalan dari Kecamatan Bangkalan sampai dengan Kecamatan Klampis. Lokasi rencana dapat dilihat pada Gambar 1.2



Gambar 1.2 Peta Lokasi Rencana

Sumber: Google Earth

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penentuan Alternatif Trase Terpilih

Dalam menentukan alternatif trase terpilih ini dilakukan dengan cara menggunakan *multi criteria analysis* yaitu menggunakan matriks sederhana dan dengan kriteria tertentu dengan sistim penilaian tertentu yang akhirnya akan memunculkan nilai dari masing-masing trase dan nilai terbesar diambil sebagai alternatif trase terpilih. Faktor yang menjadi parameter di dalam *multi criteria analysis* yang digunakan di dalam tugas akhir ini adalah:

1. Panjang lintasan (dicari trase yang paling pendek)
2. Konstruksi jembatan/terowongan (dicari trase yang pembangunan jembatan/terowongan paling sedikit)
3. Perlintasan sebidang (dicari trase yang melintasi jalan paling sedikit)
4. Pembebasan pemukiman (dicari trase yang melintasi pemukiman paling sedikit)
5. Pembebasan sawah (dicari trase yang melintasi sawah paling sedikit)
6. Pembebasan makam (dicari trase yang melintasi makam paling sedikit)
7. Kawasan pemukiman (dicari trase yang melintasi daerah pemukiman paling banyak)
8. Kawasan perdagangan (dicari trase yang melintasi daerah perdagangan paling banyak)
9. Kawasan pendidikan (dicari trase yang melintasi daerah pendidikan paling banyak)

2.2. Perencanaan Konstruksi Jalan Rel

Perencanaan konstruksi jalur kereta api harus direncanakan sesuai persyaratan teknis sehingga dapat dipertanggung jawabkan secara teknis dan ekonomis. Secara teknis diartikan konstruksi jalur kereta api tersebut harus aman dilalui oleh sarana perkeretaapian dengan tingkat kenyamanan tertentu selama umur konstruksinya.

Secara ekonomis diharapkan agar pembangunan dan pemeliharaan konstruksi tersebut dapat diselenggarakan dengan tingkat harga yang sekecil mungkin dengan output yang dihasilkan kualitas terbaik dan tetap menjamin keamanan dan kenyamanan. Perencanaan konstruksi jalur kereta api dipengaruhi oleh jumlah beban, kecepatan maksimum, beban gandar dan pola operasi. Atas dasar ini diadakan klasifikasi jalur kereta api sehingga perencanaan dapat dibuat secara tepat guna. (Menteri Perhubungan RI, 2012)

2.2.1. Kecepatan dan Beban Gandar

2.2.1.1. Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana adalah kecepatan yang digunakan untuk merencanakan konstruksi jalan rel.

- a) Untuk perencanaan struktur jalan rel.

$$V \text{ rencana} = 1,25 \times V \text{ maks} \dots\dots(2.1)$$

- b) Untuk perencanaan peninggian

$$V \text{ rencana} = c \times \frac{\sum N_i \times V_i}{\sum N_i} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana

$$C = 1,25$$

N_i = Jumlah Kereta api yang lewat

V_i = Kecepatan Operasi

- c) Untuk perencanaan jari-jari lengkung lingkaran dan lengkung peralihan
 $V_{rencana} = V_{maks} \dots\dots\dots(2.3)$

2.2.1.2. Beban Gandar

Beban gandar adalah beban yang diterima oleh jalan rel dari satu gandar. Beban gandar maksimum untuk lebar jalan rel dengan dimensi 1067 mm pada semua kelas jalur adalah sebesar 18 ton.

2.2.2. Standart Jalan Rel

Penentuan standart jalan rel bertujuan untuk memenuhi kapasitas muatan yang melintas di atas jalan rel

2.2.2.1. Klasifikasi Jalan Rel

Jalan rel diklasifikasikan berdasarkan daya angkut lintas per tahunnya, seperti yang tercantum pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Klasifikasi Jalan rel dengan dimensi 1067 mm

Kelas Jalan	Daya Angkut Lintas (ton/tahun)	V maks (km/jam)	P maks gandar (ton)	Tipe Rel	Jenis Bantalan	Jenis Penambat	Tebal Balas Atas (cm)	Lebar Bahu Balas (cm)
					Jarak antar sumbu bantalan (cm)			
I	$> 20 \cdot 10^6$	120	18	R.60/R.54	Beton 60	Elastis Ganda	30	60
II	$10 \cdot 10^6 - 20 \cdot 10^6$	110	18	R.54/R.50	Beton/Kayu 60	Elastis Ganda	30	50
III	$5 \cdot 10^6 - 10 \cdot 10^6$	100	18	R.54/R.50/R.42	Beton/Kayu/Baja 60	Elastis Ganda	30	40
IV	$2,5 \cdot 10^6 - 5 \cdot 10^6$	90	18	R.54/R.50/R.42	Beton/Kayu/Baja 60	Elastis Ganda/ Tunggal	25	40
V	$< 2,5 \cdot 10^6$	80	18	R.42	Kayu/Baja 60	Elastis Tunggal	25	35

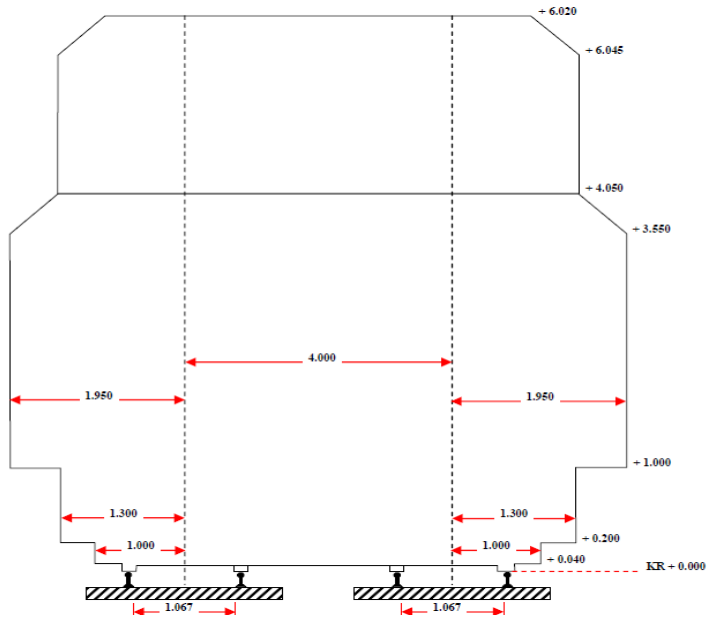
Sumber: Menteri Perhubungan RI. 2012

2.2.3. Pengalokasian Ruang Operasi

Pengalokasian ruang jalur kereta api diperlukan untuk kepentingan perencanaan dan pengoperasian. Untuk kepentingan operasi, jalur kereta harus memiliki pengaturan ruang yang terdiri dari ruang bebas dan ruang bangun.

2.2.3.1. Ruang Bebas

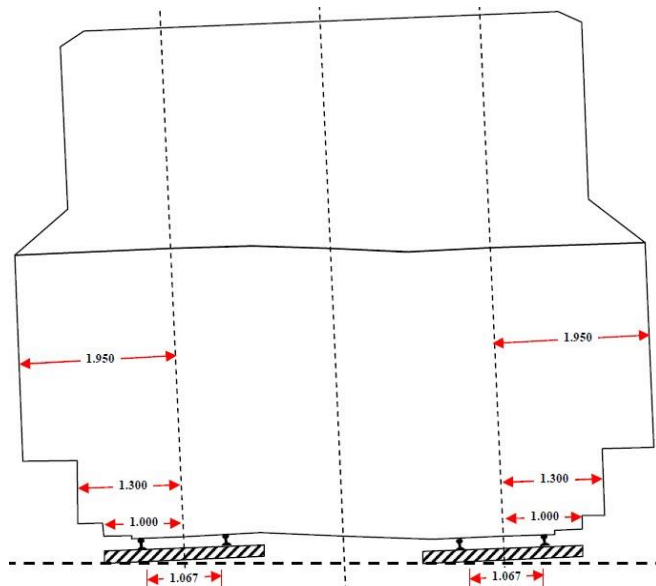
Ruang bebas adalah ruang di atas jalan rel yang senantiasa harus bebas dari segala rintangan dan benda penghalang. Ruang ini disediakan untuk lalu lintas rangkaian kereta api. Ukuran ruang bebas untuk jalur tunggal dan jalur ganda, baik pada bagian lintasan yang lurus maupun yang melengkung, untuk lintasan elektrifikasi dan non elektrifikasi, Ukuran ruang bebas untuk jalur ganda saat kondisi lurus, dapat dilihat pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Ruang Bebas Lebar Rel 1067 mm Pada Jalur
Lurus Untuk Jalur Ganda

Sumber: Menteri Perhubungan RI. 2012

Penentuan detail dimensi dari ruang bebas pada jalur ganda kereta api pada saat kondisi berbelok, akan di tampilkan pada Gambar 2.2



Gambar 2.2 Ruang Bebas Rel 1067 mm Pada Lengkungan Untuk Jalur Ganda

Sumber: Menteri Perhubungan RI. 2012

2.2.3.2. Ruang Bangun

Ruang bangun adalah ruang disisi sepur yang senantiasa harus bebas dari segala bangunan tetap antara lain : tiang semboyan / rambu, tiang sinyal listrik, tiang listrik, Pagar, dsb.

Untuk menentukan dimensi dari batas ruang bangun, yaitu dengan cara mengukur jarak dari sumbu jalan rel pada tinggi 1 meter sampai 3,55 meter, dengan ketentuan seperti yang tercantum pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Jarak Ruang Bangun

Segmen Jalur	Lebar Jalan Rel 1067 mm dan 1435 mm	
	Jalur Lurus	Jalur Lengkung $R < 800$
Lintas Bebas	minimal 2,35 m di kiri kanan as jalan rel	$R \leq 300$, minimal 2,55 m $R > 300$, minimal 2,45 m di kiri kanan as jalan rel
Emplasemen	minimal 1,95 m di kiri kanan as jalan rel	minimal 2,35 m di kiri kanan as jalan rel
Jembatan, Terowongan	2,15 m di kiri kanan as jalan rel	2,15 m di kiri kanan as jalan rel

Sumber: Menteri Perhubungan RI. 2012

2.3. Geometrik Jalan Rel

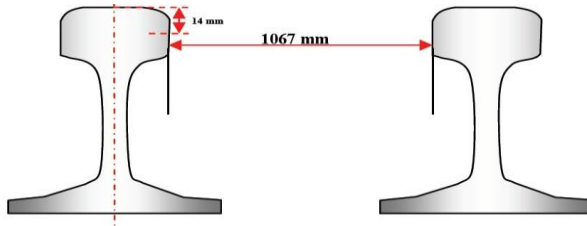
Pada dasarnya prinsipnya rumus perhitungan perencanaan geometrik jalan rel sama dengan perencanaan jalan raya, yang membedakan adalah ketentuan peninggian rel dan rencana jari – jari tikungannya.

Dalam tugas akhir ini akan dilakukan perencanaan sesuai dengan ketentuan yang tercantum dalam Peraturan menteri No. 60 tahun 2012 serta referensi pendukung lainnya. Pada lengkungan perlu diadakan penyesuaian-penyesuaian terutama jari-jari (radius) yang harus disesuaikan dengan kecepatan rencana untuk mendapatkan keamanan, kenyamanan, ekonomis dan keserasian dengan lingkungan di sekitarnya.

2.3.1. Lebar Sepur

Untuk kelas jalan rel lebar sepur adalah 1067 mm yang merupakan jarak terkecil antara kedua sisi kepala rel,

diukur pada daerah 0-14 mm di bawah permukaan teratas kepala rel, seperti yang terlihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Lebar Jalan rel dengan dimensi 1067 mm

Sumber: Menteri Perhubungan RI. 2012.

2.3.2. Kelandaian Medan

Persyaratan kelandaian yang harus dipenuhi meliputi persyaratan landai penentu, persyaratan landai curam dan persyaratan landai emplasemen.

2.3.2.1. Pengelompokan Lintas

Berdasar pada kelandaian dari sumbu jalan rel dapat dibedakan menjadi 4 kelompok yaitu:

- | | |
|---------------------------|---------------|
| a) Emplasemen | = 0 - 1,5 ‰ |
| b) Lintas Datar | = 0 - 10 ‰ |
| c) Lintas Pegunungan | = 10 ‰ - 40 ‰ |
| d) Lintas dengan rel gigi | = 40 ‰ - 80 ‰ |

2.3.2.2. Landai Penentu

Landai penentu adalah suatu kelandaian (Pendakian) yang terbesar yang ada pada suatu lintas lurus. Besar landai penentu terutama berpengaruh pada

kombinasi daya tarik lokomotif dan rangkaian yang dioperasikan.

Dalam menentukan landai penentu masimum untuk masing – masing kelas jalan rel, besarnya landai penentu nilainya akan disajikan dalam Tabel 2.3

Tabel 2.3 Landai Penentu Maksimum

Kelas Jalan Rel	Landai Penentu Maksimum
1	10 ‰
2	10 ‰
3	20 ‰
4	25 ‰
5	25 ‰

Sumber : Menteri Perhubungan RI. 2012

2.3.3. Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal adalah proyeksi sumbu jalan rel pada bidang horizontal, alinyemen horizontal terdiri dari garis lurus dan lengkungan. Terdapat tiga jenis lengkung horizontal pada jalan rel yaitu : lengkung lingkaran, lengkung transisi, dan lengkung S. Ke tiga lengkung tersebut akan dijelaskan sebagai berikut :

2.3.3.1. Lengkung Lingkaran

Dua bagian lurus, yang perpanjangnya saling membentuk sudut harus dihubungkan dengan lengkung yang berbentuk lingkaran, dengan atau tanpa lengkung – lengkung peralihan.

Untuk menentukan besarnya kecepatan rencana, besarnya jari-jari minimum dengan lengkung peralihan (S -

C-S) atau tanpa lengkung peralihan (*SS dan Full Circle*) yang diijinkan, dapat dilihat pada Tabel 2.4

Tabel 2.4 Jari-jari minimum yang diijinkan

Kecepatan Rencana (Km/Jam)	Jari-jari minimum lengkung lingkaran tanpa peralihan (m)	Jari-jari minimum lengkung lingkaran yang diijinkan dengan lengkung peralihan (m)
120	2370	780
110	1990	660
100	1650	550
90	1330	440
80	1050	350
70	810	270
60	600	200

Sumber: Menteri Perhubungan RI. 2012.

2.3.3.2. Lengkung Peralihan

Lengkung peralihan (*S-C-S*) adalah suatu lengkung dengan jari-jari yang berubah beraturan. Lengkung peralihan dipakai sebagai peralihan antara bagian yang lurus dan bagian lingkaran dan sebagai peralihan antara dua jari-jari lingkaran yang berbeda.

Panjang minimum dari lengkung peralihan ditetapkan dengan rumus (2.6) :

$$L_h = 0,01 \times h \times V \dots\dots (2.6)$$

Dimana :

L_h = panjang minimal lengkung peralihan.

h = pertinggian relatif antara dua bagian yang dihubungkan (mm).

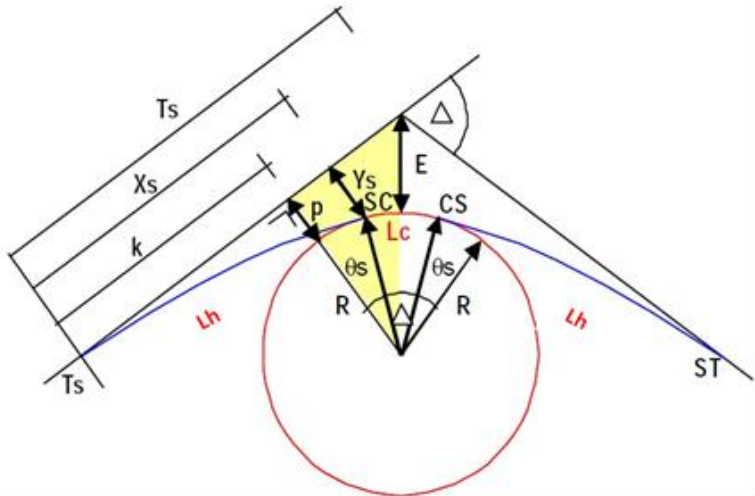
V = kecepatan rencana untuk lengkung peralihan (km/jam)

2.3.3.3. Lengkung S

Terjadi apabila 2 lengkung dari suatu lintas yang berbeda arah lengkungnya terletak bersambungan. Antara kedua lengkung yang berbeda arah ini harus ada bagian lurus sepanjang paling sedikit 20 meter di luar lengkung peralihan.

1) Menentukan Alinyemen Horizontal

Untuk merencanakan suatu lengkung pada jalan rel dimana akan diperhitungkan bagian-bagian lengkung seperti yang terlihat pada Gambar 2.4



Gambar 2.4 Lengkung horizontal dengan lengkung peralihan (*Spiral-Circle-Spiral*)

Dari keterangan Gambar 2.4 diatas, maka langkah-langkah untuk menghitung nilai alinyemen horizontal akan dijelaskan dengan rumus perencanaan sebagai berikut :

$$h = 5,95 \times \frac{V^2}{R} \dots\dots\dots (2.7)$$

$$Lh = 0,01 \times h \times V \dots\dots\dots (2.8)$$

$$\theta_s = \frac{90 \times Lh}{\pi \times R} \dots\dots\dots (2.9)$$

$$Lc = \frac{(\Delta - 2\theta_s) \times \pi \times R}{180} \dots\dots\dots (2.10)$$

$$p = \frac{Lh^2}{6 \times R} - R \times (1 - \cos\theta_s) \dots\dots\dots (2.11)$$

$$k = Lh - \frac{Lh^3}{40 \times R^3} - (R \times \sin\theta_s) \dots\dots\dots (2.12)$$

$$Ts = (R + p) \times \left(\operatorname{tg} \frac{1}{2} \Delta \right) + K \dots\dots\dots (2.13)$$

$$E = \frac{(R+p)}{\cos\left(\frac{1}{2}\Delta\right)} - R \dots\dots\dots (2.14)$$

$$Xs = Lh \times \left(1 - \frac{Lh^2}{40 \times R^2} \right) \dots\dots\dots (2.15)$$

$$Ys = \frac{Lh^2}{6 \times R} \dots\dots\dots (2.16)$$

Keterangan:

h = Peninggian rel (mm)

Lh / Ls = Panjang lengkung peralihan (m)

θ_s = Sudut lengkung peralihan (m)

Lc = Panjang lengkung lingkaran (m)

P = Jarak dari busur lingkaran tergeser terhadap sudut tangen (m)

K = Jarak dari titik Ts ke titik P (m)

T_s	= Jarak dari titik TS ke titik PI (m)
E	= Jarak eksternal total dari PI ke tengah L_c (m)
X_s	= Jarak dari titik TS ke titik proyeksi pusat Y_s (m)
Y_s	= Jarak dari titik SC ke garis proyeksi TS (m)
R	= Jari-jari rencana (m)
Δ	= Sudut tikungan rencana ($^\circ$)
E	= jarak dari PI ke sumbu jalan arah pusat lingkaran (m)
V	= Kecepatan rencana (Km/jam)

2.3.4. Alinyemen Vertikal

Alinemen vertikal adalah proyeksi sumbu jalan rel pada bidang vertikal yang melalui sumbu jalan rel tersebut. Besar jari-jari minimum dari lengkung vertikal tergantung pada besarnya kecepatan rencana seperti yang tercantum dalam Tabel 2.5

Tabel 2.5 Jari-jari minimum lengkung vertikal

Kecepatan Rencana (km/jam)	Jari – Jari Minimum Lengkung Vertikal (m)
Lebih besar dari 100	8000
Sampai 100	6000

Sumber : Menteri Perhubungan RI. 2012

2.3.5. Pelebaran Jalan Rel

Analisis pelebaran sepur didasarkan pada kereta/gerbong yang menggunakan dua gandar. Dua gandar tersebut yaitu gandar depan dan gandar belakang

yang merupakan satu keatuan teguh, sehingga disebut sebagai gandar kaku (*rigid wheel base*). Pelebaran sepur dilakukan agar roda kendaraan rel dapat melewati lengkung tanpa mengalami hambatan. Pelebaran sepur dicapai dengan menggeser rel dalam kearah dalam.

Gaya tekan yang timbul akibat terjepitnya roda kereta api / gerbong akan mengakibatkan keausan roda dan rel menjadi lebih cepat. Terdapat tiga faktor yang sangat berpengaruh terhadap besarnya pelebaran sepur, yaitu:

- a) Jari-jari lengkung horizontal.
- b) Ukuran atau jarak gandar muka – belakang yang kokoh (*rigid wheel base*)
- c) Kondisi keausan roda dan rel.

Untuk detail ukuran pelebaran sepur tiap radius dapat dilihat pada Tabel 2.6

Tabel 2.6 Pelebaran Sepur

Jari-Jari Tikungan m	Pelebaran (mm)
$R > 600$	0
$550 < R \leq 600$	5
$400 < R \leq 550$	10
$350 < R \leq 400$	15
$100 < R \leq 350$	20

Sumber : Menteri Perhubungan RI. 2012

2.3.6. Peninggian Rel

Peninggian rel diperlukan untuk mengimbangi timbulnya gaya sentrifugal pada kereta saat memasuki suatu lengkung horisontal. Gaya sentrifugal tersebut

mengakibatkan kereta api cenderung terlempar ke luar dari lengkung. Peninggian dibedakan menjadi 3 jenis, yaitu:

$$a) \quad h = 8,8 \times \frac{V^2}{R} - 53,5 \dots (2.17)$$

$$b) \quad h = 5,95 \times \frac{V^2}{R} \dots (2.18)$$

$$c) \quad h = 110 \text{ mm} \dots (2.19)$$

Dimana : h = Peninggian rel (mm)

V = kecepatan rencana (Km/jam)

R = Jari – jari rencana (m)

2.4. Bantalan Rel

Bantalan adalah suatu komponen yang berfungsi untuk meneruskan beban kereta api dan berat konstruksi jalan rel ke balas, mempertahankan lebar jalan rel, dan stabilitas ke arah luar jalan rel. Jenis bantalan yang digunakan dalam konstruksi jalan rel dapat berupa beton, baja, dan kayu.

PT. Kereta Api (Indonesia) saat ini, telah menggunakan bantalan beton hampir di seluruh jaringan jalan rel di Indonesia. Beberapa pertimbangan yang terkait dengan penggunaan bantalan beton dibandingkan bantalan kayu dan besi adalah faktor ketahanan, faktor kekuatan, dan faktor ekonomi pemeliharaan.

Penggunaan bantalan beton lebih diutamakan juga karena semakin sulitnya mendapatkan kayu yang memenuhi standar untuk bantalan dan berbagai kelemahan penggunaan

bantalan besi. Selain itu, industri dalam negeri telah dapat membuat bantalan beton dengan baik.

2.4.1. Syarat Bantalan Beton

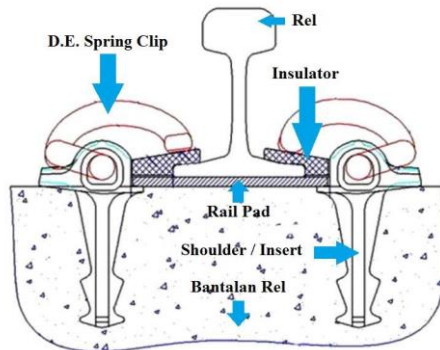
Menurut PM No 60 Tahun 2012, Bantalan beton merupakan struktur prategang maka harus memenuhi syarat sebagai berikut (untuk lebar jalan rel = 1067 mm) :

- a) Kuat tekan karakteristik beton tidak kurang dari 500 kg/cm²
- b) Mutu baja prategang dengan tegangan putus (*tensile strength*) minimum sebesar 16.876 kg/cm² (1.655 MPa).
- c) harus mampu memikul momen minimum sebesar +1500 kg.m pada bagian dudukan rel dan -930 kg m pada bagian tengah bantalan.
- d) Dimensi bantalan beton:
 - Panjang = 2.000 mm
 - Lebar maksimum = 260 mm
 - Tinggi maksimum = 220 mm

2.5. Komponen Penambat Rel

Penambat rel adalah suatu komponen yang menambat rel ada bantalan sehingga kedudukan rel menjadi tetap, kokoh, dan tidak bergeser terhadap bantalannya. Dengan penambat rel ini jarak antara kedua rel, yaitu lebar sepur akan tetap. Semakin berat beban dan semakin tinggi kecepatan kereta api, maka harus semakin kokoh alat penambatnya.

Berdasarkan PM No 10 Tahun 2012 komponen yang harus dipenuhi dalam pemasangan alat penambat elastis ganda pada bantalan beton terdiri dari : *shoulder/insert*, *clip*, *insulator*, dan *rail pad*. Detail penyusun komponen alat penambat dapat dilihat pada Gambar 2.5



Gambar 2.5 Komponen penambat *D.E Spring Clip*

Sumber : PT Pindad Persero. 2015.

<https://www.pindad.com/e-clip-rail-fastening>.

2.6. Lapisan Balas dan Sub-Balas

Lapisan balas dan sub-balas pada dasarnya adalah terusan dari lapisan tanah dasar dan terletak di daerah yang mengalami konsentrasi tegangan yang terbesar akibat lalu lintas kereta pada jalan rel, oleh karena itu material pembentukannya harus sangat terpilih. Fungsi utama balas dan sub-balas adalah untuk:

- a) Meneruskan dan menyebarkan beban bantalan ke tanah dasar.

- b) Mengokohkan kedudukan bantalan.
- c) Meluruskan air sehingga tidak terjadi penggenangan air di bantalan rel.

2.6.1. Sub Balas

Lapisan sub-balas berfungsi sebagai lapisan penyaring (filter) antara tanah dasar dan lapisan balas dan harus dapat mengalirkan air dengan baik. Tebal minimum lapisan balas bawah adalah 15 cm.

Lapisan sub-balas terdiri dari kerikil halus, kerikil sedang atau pasir kasar yang memenuhi syarat seperti pada Tabel 2.7

Tabel 2.7 Standar Saringan

Standar Saringan ASTM	Presentase Lolos (%)
2 ½"	100
¾"	55 – 100
No. 4	25 – 95
No. 40	5 – 35
No. 200	0 – 10

Sumber: Menteri Perhubungan RI. 2012

Untuk ketentuan sub-balas harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- a) Material sub-balas dapat berupa campuran kerikil (gravel) atau kumpulan agregat pecah dan pasir;
- b) Material sub-balas tidak boleh memiliki kandungan material organik lebih dari 5%;
- c) Untuk material sub-balas yang merupakan kumpulan agregat pecah dan pasir, maka

harus mengandung sekurang-kurangnya 30% agregat pecah;

- d) Lapisan sub-balas harus dipadatkan sampai mencapai 100% γ_d menurut percobaan ASTM D 698.

2.6.2. Balas

Lapisan balas pada dasarnya adalah terusan dari lapisan tanah dasar, dan terletak di daerah yang mengalami konsentrasi tegangan yang terbesar akibat lalu lintas kereta pada jalan rel, oleh karena itu material pembentuknya harus sangat terpilih.

Fungsi utama balas adalah untuk meneruskan dan menyebarkan beban bantalan ke tanah dasar, mengokohkan kedudukan bantalan dan meluluskan air sehingga tidak terjadi penggenangan air di sekitar bantalan dan rel.

Kemiringan lereng lapisan balas atas tidak boleh lebih curam dari 1:2, dan bahan balas atas dihampar hingga mencapai sama dengan elevasi bantalan

Material yang digunakan sebagai pembentuk balas harus memenuhi syarat berikut:

- a) Balas harus terdiri dari batu pecah (25 – 60) mm dan memiliki kapasitas ketahanan yang baik, ketahanan gesek yang tinggi dan mudah dipadatkan;
- b) Material balas harus bersudut banyak dan tajam;
- c) Porositas maksimum 3%;
- d) Kuat tekan rata-rata maksimum 1000 kg/cm²;
- e) Specific gravity minimum 2,6;
- f) Kandungan tanah, lumpur dan organik maksimum 0,5%;

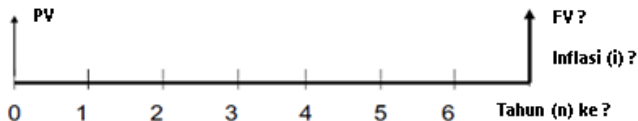
- g) Kandungan minyak maksimum 0,2%;
- h) Keausan balas sesuai dengan test Los Angeles tidak boleh lebih dari 25%.

2.7. Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya merupakan perkiraan pelaksanaan biaya yang diperlukan untuk membiayai pelaksanaan hasil pekerjaan di lapangan. Perkiraan biaya tersebut di dapatkan dengan menjumlahkan hasil perkalian antara harga satuan dengan volume pekerjaan.

2.7.1. Menentukan Future Value

Nilai yang akan datang atau future value adalah nilai uang di masa yang akan datang dengan tingkat bunga tertentu. Nilai yang akan datang divisualisasikan dengan Gambar 2.10 dan dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :



Gambar 2.6 Bagan perhitungan *future value*

Sumber : Slide Ekonomi Jalan Raya. **Discounted Value.**
Surabaya :Departemen Teknik Sipil ITS (hal 19-31)

$$FV = PV \times (1 + i)^n \dots\dots\dots (2.23)$$

Dimana :

FV = Nilai pada akhir tahun ke n (Rp)

PV = Nilai sekarang (Rp)

i = Tingkat inflasi (%) n = Waktu (tahun)

Dalam penentuan tingkat inflasi (indeks harga konsumen) mengacu pada perhitungan nilai inflasi tahunan yang ditetapkan oleh Bank Indonesia.

2.7.2. Volume Pekerjaan

Volume pekerjaan merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam perhitungan rencana anggaran biaya, yaitu sebagai salah satu faktor pengali untuk harga satuan.

Volume pada perencanaan pekerjaan pembangunan jalan rel kereta api yang dihitung dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a) Pengadaan bahan material.
- b) Pekerjaan persiapan.
- c) Pekerjaan tanah.
- d) Konstruksi jalan rel.
- e) Pekerjaan ballas.
- f) Pekerjaan lain – lain.

2.7.3. Harga Satuan Pekerjaan

Harga Satuan Pekerjaan merupakan hasil yang diperoleh dari proses perhitungan dari masukan – masukan antara lain berupa harga satuan dasar untuk bahan, alat, upah, tenaga kerja, serta biaya umum dan laba.

Berdasarkan masukan tersebut dilakukan perhitungan untuk menentukan koefisien bahan, upah tenaga kerja, dan peralatan, setelah terlebih dahulu menentukan asumsi – asumsi, faktor – faktor, serta prosedur

kerjanya. Jumlah dari seluruh hasil perkalian koefisien tersebut dengan harga satuan harus ditambah dengan biaya umum dan laba akan menghasilkan Harga Satuan Pekerjaan.

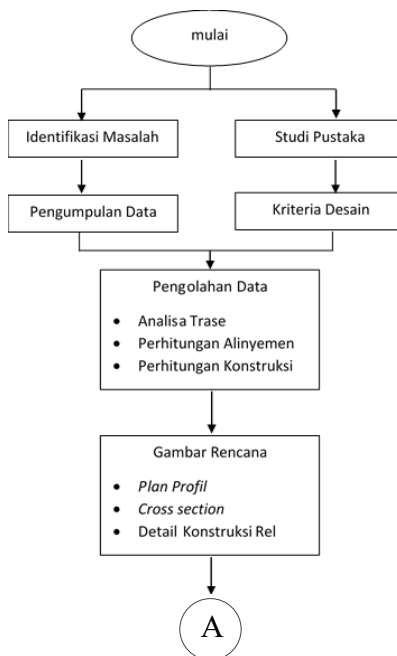
Dalam perencanaan pembangunan konstruksi jalan rel kereta api, penentuan harga satuan pekerjaan mengacu pada peraturan menteri perhubungan nomor PM. (Menteri Perhubungan Republik Indonesia, 2014) tahun 2014 tentang standar biaya di lingkungan kementerian perhubungan

BAB III METODOLOGI

Bab ini membahas tentang metodologi yang digunakan dalam perencanaan jalan rel.

3.1. Diagram Alir

Diagram alir ini merupakan tata urutan perencanaan dari awal proses sampai akhir. Diagram alir ini yang digunakan pada tugas akhir ini dapat dilihat di Gambar 3.1





Gambar 3.1 Diagram Alir

3.1.1. Identifikasi Masalah

Pada tahap ini dilakukan perumusan masalah yang ada pada kondisi saat ini perencanaan seperti, perencanaan trase jalan rel Kamal-Pelabuhan Tanjung Bulupandan yang sesuai dengan kondisi topografi, konstruksi jalan rel, dan volume galian dan timbunan yang dibutuhkan dalam perencanaan jalan rel Kamal-Pelabuhan Tanjung Bulupandan ini.

3.1.2. Studi Pustaka

Studi pustaka dilakukan untuk menambah informasi mengenai kereta api yang dapat menunjang penyelesaian Tugas Akhir ini. Dari studi pustaka ini didapatkan kriteria desain yang nantinya akan digunakan dalam pengolahan data.

3.1.3. Pengumpulan Data

Melakukan pengumpulan data-data yang diperlukan untuk penyusunan Tugas Akhir. Data-data yang dibutuhkan meliputi:

- a. Peta topografi dari Badan Informasi Geospasial, digunakan untuk mengetahui tata guna lahan dan kontur lapangan yang ditinjau
- b.
- c. Brosur bantalan, untuk mengetahui jenis bantalan yang digunakan serta kekuatan materialnya

3.1.4. Pengolahan Data

Setelah data dikumpulkan dilakukan pengolahan data. Pengolahan data yang dilakukan meliputi pemilihan trase, perhitungan geometrik jalan rel dan perencanaan konstruksi jalan rel.

3.1.4.1. Pemilihan Alternatif Trase

Pada tahap ini dilakukan analisis beberapa alternatif trase yang ada dengan berbagai pertimbangan agar didapatkan trase terpilih

3.1.4.2. Penentuan Trase Rencana

Pada tahap ini, dilakukan perencanaan beberapa bentuk alternatif rute untuk jalan rel. Kemudian dilakukan pemilihan trase dengan memberikan skor pada masing-masing kriteria. Alternatif trase dengan skor tertinggi akan dipilih menjadi trase rencana

3.1.4.3. Perencanaan Geometrik

Pada tahap ini dilakukan perencanaan berkaitan geometrik jalan rel berupa perencanaan:

- Alinyemen Horizontal
- Alinyemen Vertikal

3.1.4.4. Perencanaan Konstruksi Jalan Rel

Perencanaan konstruksi jalan rel ini didasarkan pada Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 tahun 2012. Perencanaan konstruksi yang dilakukan meliputi:

- Penentuan jenis rel
- Perencanaan bantalan
- Perencanaan balas
- Perencanaan subbalas
- Perencanaan wesel

3.1.5. Gambar Rencana

Setelah perhitungan selesai dilakukan dan sesuai dengan perencanaan, perencanaan geometri digambar dengan *software* yang ada. Hasil dari gambar rencana ini berupa gambar *plan profil*, *cross section*, dan gambar potongan konstruksi jalan rel.

3.1.6. Perhitungan Rencana Anggaran Biaya

Perhitungan rencana anggaran biaya dilakukan untuk mendapatkan total biaya yang dibutuhkan dalam pembangunan jalan rel rute Kamal-Pelabuhan Tanjung Bulupandan

3.2. Kesimpulan

Kesimpulan merupakan hasil dari analisis perhitungan dan pengolahan data sekunder trase rel Kamal-Pelabuhan Tanjung Bulupandan.

BAB IV

ANALISIS DAN PERENCANAAN

Pada bab ini akan menjelaskan tentang Analisis trase yang cocok diterapkan di Kabupaten Bangkalan. Dalam penentuan trase, ada beberapa pilihan alternatif yang nantinya dilakukan analisis dengan metode *multi criteria analysis* guna menentukan alternatif trase yang paling baik.

4.1. Analisis Trase

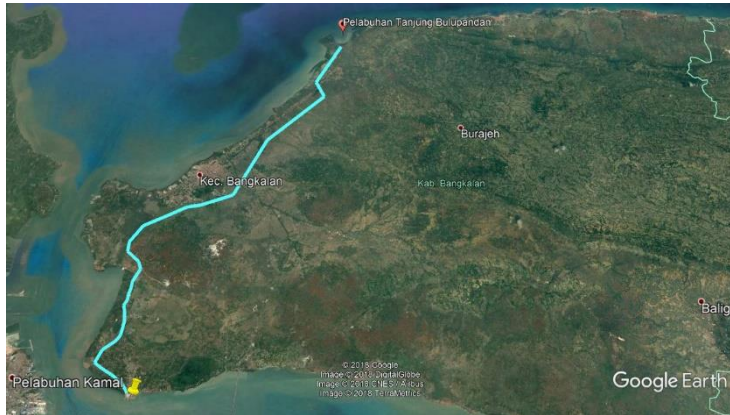
Dalam Analisis alternatif trase Kamal-Pelabuhan Tanjung Bulupandan terdapat tiga alternatif trase yang masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan. Pemilihan tiap-tiap alternatif trase akan dijelaskan pada subbab berikut.

- **Alternatif Trase Jalan Rel 1**

Pada rencana trase alternatif 1, terdapat beberapa poin yang digunakan sebagai pertimbangan pemilihan alternatif trase, yaitu:

1. Panjang trase 35,7 km
2. Melewati daerah Kecamatan Socah
3. Terdapat 7 titik perlintasan sebidang dengan jalan

Untuk lokasi alternatif trase jalan rel 1 dapat dilihat pada Gambar 4.1



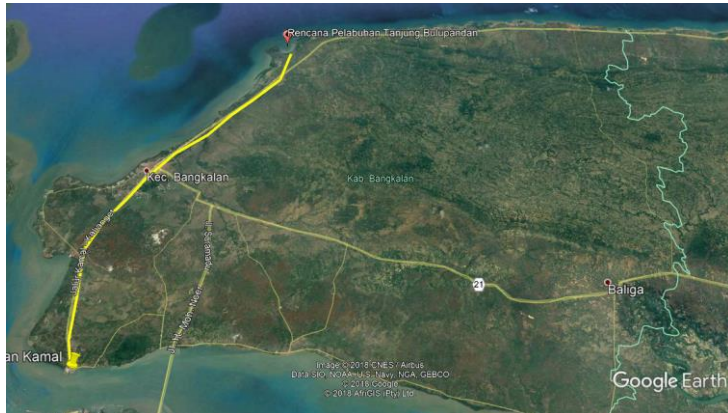
Gambar 4.1 Lokasi alternatif trase 1

- Alternatif Trase Jalan Rel 2

Adapun pada rencana trase alternatif 2, terdapat pula beberapa poin yang digunakan sebagai pertimbangan pemilihan alternatif trase, yaitu:

1. Panjang trase 32,9 km
2. Melewati lokasi jalur lama rel dari Kamal-Bangkalan
3. Berdampingan dengan jalan nasional rute 21 (Kamal-Kalianget)

Untuk lokasi alternatif trase jalan rel 2 dapat dilihat pada Gambar 4.2



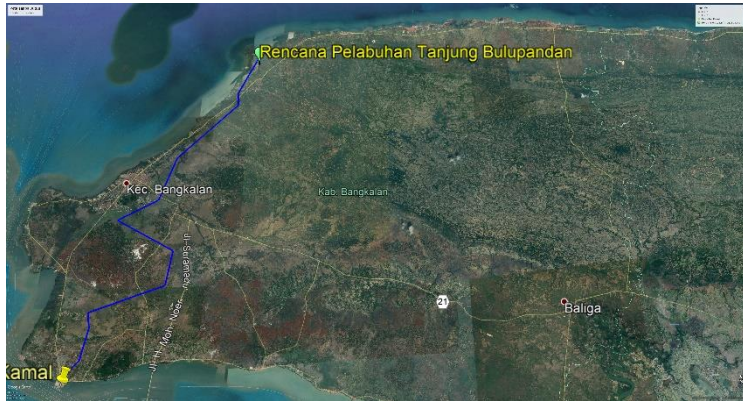
Gambar 4.2 Lokasi alternatif trase 2

- Alternatif Trase Jalan Rel 3

Adapun pada rencana trase alternatif 3, terdapat pula beberapa poin yang digunakan sebagai pertimbangan pemilihan alternatif trase, yaitu:

1. Panjang trase 37 km
2. Berjarak 800 meter dari Universitas Trunojoyo Madura
3. Terdapat 6 titik perlintasan sebidang dengan jalan raya

Untuk lokasi alternatif trase jalan rel 3 dapat dilihat pada Gambar 4.3



Gambar 4.3 Lokasi alternatif trase 3

4.1.1. Kriteria Trase

Ketika merencanakan alternatif trase, terdapat beberapa kriteria yang harus dipertimbangkan. Kriteria yang harus dipertimbangkan antara lain:

- Faktor Biaya
 - a) Panjang lintasan
 - b) Konstruksi jembatan/terowongan
 - c) Perlintasan sebidang
- Faktor Pembebasan Lahan
 - a) Pembebasan pemukiman
 - b) Pembebasan sawah
 - c) Pembebasan makam
- Faktor Daerah Sekitar
 - a) Kawasan pemukiman
 - b) Kawasan perdagangan
 - c) Kawasan pendidikan

Berdasarkan kriteria-kriteria diatas muncul beberapa alternatif yang nantinya dipilih satu untuk digunakan sebagai perencanaan selanjutnya.

4.1.2. Pemilihan Trase

Analisis trase terpilih dilakukan dengan metode *multi criteria analysis* yaitu dengan menggunakan matriks *pairwise comparison* dengan kriteria yang sudah ditentukan dengan poin rentang 1-3 yang akhirnya memunculkan nilai dari masing-masing trase dan nilai terbesar diambil sebagai alternatif trase terpilih. Untuk nilai masing-masing kriteria dijelaskan pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 Nilai Multi Criteria Analysis untuk masing-masing kriteria

Kriteria	Poin		
	$\bar{x} - \sigma$	$\bar{x} - \sigma \text{ s/d } \bar{x} + \sigma$	$\bar{x} + \sigma$
Panjang Lintasan	3	2	1
Konstruksi Jembatan	3	2	1
Perlindungan Sebidang	3	2	1
Pembebasan Pemukiman	3	2	1
Pembebasan Sawah	3	2	1
Pembebasan Makam	3	2	1
Daerah Pemukiman	1	2	3
Daerah Pasar	1	2	3
Daerah Kampus	1	2	3

Sedangkan untuk pembobotan masing-masing kriteria di dalam *multi criteria analysis* dihitung dengan mengkuadratkan matriks *pairwise comparison*. Detail matriks dapat dilihat pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 Matriks Pairwise Comparison

	Panjang Lintasan	Konstruksi Jembatan	Perlintasan Sebidang	Pembebasan Pemukiman	Pembebasan Makam	Pembebasan Sawah	Daerah Permukiman	Daerah Pasar	Daerah Kampus
Panjang Lintasan	1,00	0,50	0,50	0,50	0,50	2,00	0,50	2,00	2,00
Konstruksi Jembatan	2,00	1,00	0,50	0,50	0,50	2,00	2,00	2,00	2,00
Perlintasan Sebidang	2,00	2,00	1,00	0,50	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Pembebasan Pemukiman	2,00	2,00	2,00	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Pembebasan Makam	2,00	2,00	0,50	0,50	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Pembebasan Sawah	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	1,00	0,50	0,50	0,50
Daerah Pemukiman	2,00	0,50	0,50	0,50	0,50	2,00	1,00	2,00	2,00
Daerah Pasar	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	2,00	0,50	1,00	2,00
Daerah Kampus	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	2,00	0,50	0,50	1,00

Tabel 4.3 Hasil Kuadrat Matriks

	Panjang Lintasan	Konstruksi Jembatan	Perlintasan Sebidang	Pembebasan Pemukiman	Pembebasan Makam	Pembebasan Sawah	Daerah Permukiman	Daerah Pasar	Daerah Kampus	Total
Panjang Lintasan	9,00	7,25	5,75	5,00	6,50	17,00	8,00	11,00	14,00	83,5
Konstruksi Jembatan	14,00	9,00	7,25	6,50	8,00	23,00	11,00	17,00	20,00	115,75
Perlintasan Sebidang	20,00	14,00	9,00	8,00	11,00	29,00	17,00	23,00	26,00	157
Pembebasan Pemukiman	23,00	17,00	11,00	9,00	14,00	32,00	20,00	26,00	29,00	181
Pembebasan Makam	17,00	11,00	8,00	7,25	9,00	26,00	14,00	20,00	23,00	135,25
Pembebasan Sawah	6,50	5,00	3,50	2,75	4,25	9,00	5,75	7,25	8,00	52
Daerah Pemukiman	11,00	8,00	6,50	5,75	7,25	20,00	9,00	14,00	17,00	98,5
Daerah Pasar	8,00	6,50	5,00	4,25	5,75	14,00	7,25	9,00	11,00	70,75
Daerah Kampus	7,25	5,75	4,25	3,50	5,00	11,00	6,50	8,00	9,00	60,25
								Jumlah	954	

Berdasarkan perhitungan pada Tabel 4.3 didapatkan bobot pada masing-masing kriteria yang dapat dilihat pada Tabel 4.4

Tabel 4.4 Bobot Multi Criteria Analysis

Kriteria	Bobot
Pembebasan Pemukiman	19,0
Perlindungan Sebidang	16,5
Pembebasan Makam	14,2
Konstruksi Jembatan	12,1
Daerah Pemukiman	10,3
Panjang Lintasan	8,8
Daerah Pasar	7,4
Daerah Kampus	6,3
Pembebasan Sawah	5,5

- Alternatif Trase Jalan Rel 1

Perhitungan multi criteria analysis pada alternatif 1 dapat dilihat pada Tabel 4.5

Tabel 4.5 Multi Criteria Analysis alternatif 1

Kriteria	Bobot	Nilai	Bobot x Nilai
Pembebasan Pemukiman	19,0	3	57,0
Perlindungan Sebidang	16,5	2	33,0
Pembebasan Makam	14,2	3	42,6
Konstruksi Jembatan	12,1	1	12,1
Daerah Pemukiman	10,3	1	10,3
Panjang Lintasan	8,8	2	17,6
Daerah Pasar	7,4	2	14,8
Daerah Kampus	6,3	1	6,3
Pembebasan Sawah	5,5	1	5,5
		Total	199,2

Dari perhitungan multi criteria analysis pada alternatif trase 2 didapatkan total sebesar 199,2 poin.

- Alternatif Trase Jalan Rel 2

Perhitungan multi criteria analysis pada alternatif 2 dapat dilihat pada Tabel 4.6

Tabel 4.6 Multi Criteria Analysis alternatif 2

Kriteria	Bobot	Nilai	Bobot x Nilai
Pembebasan Pemukiman	19,0	1	19
Perlindungan Sebidang	16,5	1	16,5
Pembebasan Makam	14,2	2	28,4
Konstruksi Jembatan	12,1	2	24,2
Daerah Pemukiman	10,3	3	30,9
Panjang Lintasan	8,8	3	26,4
Daerah Pasar	7,4	3	22,2
Daerah Kampus	6,3	2	12,6
Pembebasan Sawah	5,5	3	16,5
		Total	196,7

Dari perhitungan multi criteria analysis pada alternatif trase I didapatkan total sebesar 196,7 poin.

- Alternatif Trase Jalan Rel 3

Perhitungan multi criteria analysis pada alternatif 3 dapat dilihat pada Tabel 4.7

Tabel 4.7 Multi Criteria Analysis alternatif 3

Kriteria	Bobot	Nilai	Bobot x Nilai
Pembebasan Pemukiman	19,0	2	38,0
Perlintasan Sebidang	16,5	3	49,5
Pembebasan Makam	14,2	1	14,2
Konstruksi Jembatan	12,1	3	36,3
Daerah Pemukiman	10,3	2	20,6
Panjang Lintasan	8,8	1	8,8
Daerah Pasar	7,4	1	7,4
Daerah Kampus	6,3	3	18,9
Pembebasan Sawah	5,5	2	11,0
		Total	204,7

Dari perhitungan *multi criteria analysis* pada alternatif trase 3 didapatkan total sebesar 204,7 poin.

4.1.3. Trase Terpilih

Penentuan trase terpilih dipilih berdasarkan nilai total terbesar pada perhitungan *multi criteria analysis*.

Karena mendapatkan total poin terbesar yaitu 204,7 poin, alternatif trase 3 dipilih sebagai trase rencana jalan rel Kamal-Pelabuhan Tanjung Bulupandan

4.2. Moda yang Digunakan

Penentuan moda yang digunakan disesuaikan dengan fungsi jalur kereta yang direncanakan, yaitu untuk perjalanan kereta api penumpang serta kereta barang. Selain itu moda yang direncanakan digunakan untuk perencanaan fasilitas seperti emplasemen dan peron. Untuk jalur Kamal-Pelabuhan Tanjung Bulupandan

direncanakan menggunakan jenis *Heavy Rail* model kereta penumpang Ekonomi Premium milik PT. INKA dengan tampilan dan spesifikasi pada Gambar 4.4 dan Tabel 4.8



Gambar 4.4 Kereta Ekonomi Premium

Tabel 4.8 Data Kereta Ekonomi Premium

Kecepatan maksimum	120 km / jam
Lebar sepur	1.067 mm
Beban gandar	14 ton
Panjang kereta	20.920 mm
Lebar kereta	2.990 mm
Tinggi kereta	3.610 mm
Tinggi <i>coupler</i>	775 (+10/-0) mm
Bogie	TB-1014
Sistem pengereman	<i>Air brake</i>
<i>Coupler Device</i>	<i>Automatic Coupler, AAR 10A</i>

Sumber: PT INKA
(INKA, 2018)

4.3. Perencanaan Geometrik Jalur Ganda

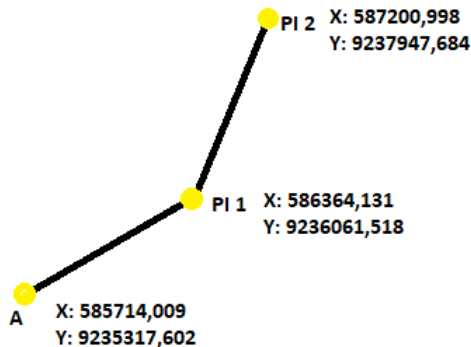
Pada subbab ini akan dijelaskan tentang perencanaan perhitungan geometrik, struktur jalan rel, dimensi emplasemen dari Kamal-Pelabuhan Tanjung Bulupandan berdasarkan trase terpilih pada subbab 4.1.3

4.3.1. Alinyemen Horisontal

Pada perencanaan alinyemen horizontal akan membahas desain lengkung yang digunakan dan disesuaikan dengan kondisi lapangan. Untuk desain kecepatan rencana menggunakan 120 km/jam serta direncanakan menggunakan parameter lengkung *spiral-circle-spiral* yang dapat mengakomodasi peralihan sudut kemudi dengan lebih halus.

A. Perhitungan Sudut Azimuth (α) dan Sudut Tikungan (Δ)

Pada perhitungan sudut azimuth dan sudut tikungan, diambil sampel jalur kiri yang akan ditampilkan pada Gambar 4.5



Gambar 4.5 sampel trase pada titik A, PI 1, PI2

a) Mencari nilai ΔX dan ΔY

- Koordinat ΔX (PI 1)
 $= X(\text{PI 1}) - X(A)$
 $= 586364,131 - 585714,009$
 $= 650,122$
- Koordinat ΔY (PI 1)
 $= Y(\text{PI 1}) - Y(A)$
 $= 9236061,518 - 923517,602$
 $= 743,916$
- Koordinat ΔX (PI 2)
 $= X(\text{PI 2}) - X(\text{PI 1})$
 $= 587200,998 - 586364,131$
 $= 836,867$
- Koordinat ΔY (PI 2)
 $= Y(\text{PI 2}) - Y(\text{PI 1})$
 $= 9237947,684 - 9236061,518$
 $= 1886,166$

b) Panjang Trase tiap-tiap titik (L)

$$\begin{aligned} & \text{Titik A} \rightarrow \text{Titik PI 1} \\ &= \sqrt{\Delta X(\text{PI1})^2 + \Delta Y(\text{PI1})^2} \\ &= \sqrt{650,122^2 + 743,916^2} \\ &= 987,962 \text{ m} \end{aligned}$$

c) Sudut Azimuth

$$\begin{aligned} & \bullet \text{ Sudut PI1 (Kuadran I)} \\ &= \left(\tan^{-1} x \frac{\text{Koordinat } \Delta X (\text{PI1})}{\text{Koordinat } \Delta Y (\text{PI1})} \right) \\ &= \left(\tan^{-1} x \frac{650,122}{743,916} \right) \\ &= 41,151^\circ \end{aligned}$$

- Sudut PI2 (Kuadran I)

$$= (\tan^{-1} x \frac{\text{Koordinat } \Delta X \text{ (PI2)}}{\text{Koordinat } \Delta Y \text{ (PI2)}})$$

$$= (\tan^{-1} x \frac{836,867}{1886,166})$$

$$= 23,926^\circ$$

d) Sudut Tikungan PI 1

$$= \text{Sudut azimuth PI 1} - \text{Sudut Azimuth PI 2}$$

$$= 41,151^\circ - 23,926^\circ$$

$$= 17,225^\circ$$

Setelah melakukan Analisis perhitungan pada sudut azimuth (α) dan sudut tikungan (Δ) pada jalur kiri dan kanan maka hasil perhitungannya akan disajikan pada Tabel 4.9 dan Tabel 4.10:

Tabel 4.9. Perhitungan sudut tikungan dan jarak antar PI (jalur kiri)

TTIK	koordinat X	koordinat Y	ΔX	ΔY	L trase	kuadran	sudut azimut	Δ (sudut tikungan)
A	585714,009	9235317,602						
PI 1	586364,131	9236061,518	650,122	743,916	987,962	1	41,151	17,225
PI 2	587200,998	9237947,684	836,867	1886,166	2063,485	1	23,926	32,377
PI 3	586917,793	9239853,778	-283,205	1906,094	1927,018	4	351,549	87,175
PI 4	591789,998	9240825,188	4872,205	971,410	4968,100	1	78,724	66,994
PI 5	592599,120	9244721,786	809,122	3896,598	3979,718	1	11,731	73,428
PI 6	587850,725	9247278,826	-4748,395	2557,040	5393,117	4	298,303	121,890
PI 7	590926,572	9249040,883	3075,847	1762,057	3544,810	1	60,193	44,024
PI 8	592024,501	9252827,623	1097,929	3786,740	3942,696	1	16,169	27,293
PI 9	596764,062	9257828,643	4739,561	5001,020	6890,112	1	43,462	49,718
PI 10	596630,068	9259051,048	-133,994	1222,405	1229,727	4	353,744	34,256
B	598481,526	9262533,002	1851,458	3481,954	3943,590	1	28,001	

Sumber: Analisis data dan rencana perhitungan

Tabel 4.10 Perhitungan sudut tikungan dan jarak antar PI (jalur kanan)

TITIK	koordinat X	koordinat Y	ΔX	ΔY	L trase	kuadran	sudut azimuth	Δ (sudut tikungan)
KAMAL	585717,021	9235314,970						
PI 1	586367,542	9236059,342	650,521	744,372	988,568	1	41,151	17,225
PI 2	587205,125	9237947,123	837,583	1887,781	2065,251	1	23,926	32,377
PI 3	586922,309	9239850,599	-282,816	1903,476	1924,372	4	351,549	87,175
PI 4	591793,376	9240821,782	4871,067	971,183	4966,940	1	78,724	66,994
PI 5	592603,643	9244723,893	810,267	3902,111	3985,349	1	11,731	73,428
PI 6	587858,961	9247278,935	4744,682	2555,042	5388,900	4	298,303	121,890
PI 7	590929,963	9249038,216	3071,002	1759,281	3539,226	1	60,193	44,024
PI 8	592028,073	9252825,577	1098,110	3787,361	3943,342	1	16,169	27,293
PI 9	596768,240	9257827,236	4740,167	5001,659	6890,992	1	43,462	49,718
PI 10	596634,179	9259050,259	-134,061	1223,023	1230,349	4	353,745	34,256
T.BULU	598485,058	9262531,124	1850,879	3480,865	3942,356	1	28,001	

Sumber: Analisis data dan rencana perhitungan

B. Perhitungan Lengkung Horisontal

Untuk rencana Analisis perhitungan lengkung horizontal, akan digunakan tipe lengkung Spiral – Circle – Spiral (S – C – S) untuk semua tikungan. Jalur ganda direncanakan akan dilewati kereta api dengan kecepatan 100 km/jam pada jalur kiri dan jalur kanan, dengan ketentuan jari – jari minimum yang digunakan pada tiap-tiap lengkung yaitu 550 m dan jari – jari maksimumnya 1650 m.

Untuk mencegah bahaya tergulingnya kereta api maka lengkung horizontal perlu diberi peninggian pada rel bagian luar. Besar peninggian maksimum yang diijinkan untuk lebar sepur 1067 mm adalah h maksimum = 110 mm.

Berdasarkan PM No 60 Tahun 2012, nilai (L_c) harus lebih besar dari 20 meter. Untuk penentuan lengkung S-C-S, yang akan digunakan sebagai sampel adalah titik PI 1. Alur dari Analisis perhitungannya akan dijelaskan dengan rumus berikut ini :

Parameter yang dibutuhkan untuk menentukan lengkung horizontal pada titik PI 1 (jalur kiri) adalah :

- Δ PI 1 = $17,225^\circ$
- R rencana = 780 m
- V rencana = 120 km/jam

a) Peninggian Rel (h)

$$\begin{aligned} h &= 5,95 \times \frac{V^2}{R} \\ &= 5,95 \times \frac{120^2}{780} \\ &= 109,846 \end{aligned}$$

- b) Lengkung Peralihan / *Spiral* (Lh)

$$\begin{aligned} Lh &= 0,01 \times h \times V_{rencana} \\ &= 0,01 \times 109,846 \times 120 \\ &= 131,815 \text{ m} \end{aligned}$$

- c) Sudut lengkung peralihan / *spiral* (Θ_s)

$$\begin{aligned} \Theta_s &= \frac{90 \times Lh}{\pi \times R_{rencana}} \\ &= \frac{90 \times 131.815}{\pi \times 780} \\ &= 4,844^\circ \end{aligned}$$

- d) Panjang Lengkung Peralihan / *circle* (Lc)

$$\begin{aligned} Lc &= \frac{(\Delta - 2 \times \Theta_s) \times \pi \times R_{rencana}}{180} \\ &= \frac{(17,225 - 2 \times 4.844) \times \pi \times 780}{180} \\ &= 102,554 \text{ m} \end{aligned}$$

- e) Jarak dari busur lingkaran tergeser terhadap sudut tangen (p)

$$\begin{aligned} P &= \frac{Lh^2}{6 \times R_{rencana}} - R_{rencana} \times (1 - \cos \Theta_s) \\ &= \frac{131.815^2}{6 \times 780} - 780 \times (1 - \cos 4,844) \\ &= 0,927 \text{ m} \end{aligned}$$

- f) Jarak dari titik Ts ke titik P (K)

$$\begin{aligned} K &= Lh - \frac{Lh^3}{40 \times R_{rencana}^2} - R_{rencana} \times (\sin \Theta_s) \\ &= 131,815 - \frac{131,815^3}{40 \times 780^2} - 780 \times (\sin 4,844) \\ &= 65,859 \text{ m} \end{aligned}$$

g) Jarak dari titik TS ke titik PI (Ts)

$$\begin{aligned} T_s &= (R_{rencana} + p) \times \operatorname{tg}(\Delta/2) + k \\ &= (780 + 0,927) \times \operatorname{tg}(17,225/2) + 65,859 \\ &= 184,134 \text{ m} \end{aligned}$$

h) Jarak eksternal total dari PI ke tengah Lc €

$$\begin{aligned} E &= \frac{(R_{rencana} + P)}{\cos(\frac{\Delta}{2})} - R_{rencana} \\ &= \frac{(780 + 0,927)}{\cos(\frac{17,225}{2})} - 780 \\ &= 9,833 \text{ m} \end{aligned}$$

i) Jarak dari titik TS ke titik proyeksi pusat Ys(Xs)

$$\begin{aligned} X_s &= L_h \times \left(1 - \frac{L_h^2}{40 \times R_{rencana}^2}\right) \\ &= 131,815 \times \left(1 - \frac{131,815^2}{40 \times 780}\right) \\ &= 131,721 \text{ m} \end{aligned}$$

j) Jarak dari titik SC ke garis proyeksi TS (Ys)

$$\begin{aligned} Y_s &= \frac{L_h^2}{6 \times R_{rencana}} \\ &= \frac{131,815^2}{6 \times 780} \\ &= 3,713 \text{ m} \end{aligned}$$

Untuk hasil perhitungan lebih lengkap dari perencanaan lengkung horizontal jalur kiri dan kanan, akan disajikan pada Tabel 4.11 dan Tabel 4.12

Tabel 4.11 Perhitungan alinyemen horizontal jalur kiri

TTIK	sudut azimut	Δ (sudut tikungan)	V	R	h (peringgian rel)	Ls (lengkung peralihan)	Θ s (sudut spiral)	Lc (panjang lh)	p	K (jarak Ts ke P)	Ts (jarak Ts ke P1)	E (P1 ke tingh LC)	Xs (jarak Ts ke Ys)	Ys (Sc ke pnksi TS)
A														
P1 1	41,151	17,225	120	780	109,846	131,815	4,844	102,554	0,927	65,859	184,134	9,833	131,721	3,713
P1 2	23,926	32,377	120	780	109,846	131,815	4,844	308,732	0,927	65,859	292,571	33,170	131,721	3,713
P1 3	351,549	87,175	120	784	109,286	131,143	4,794	1061,107	0,913	65,523	812,665	299,655	131,051	3,656
P1 4	78,724	66,823	120	780	109,846	131,815	4,844	779,745	0,927	65,859	582,681	156,457	131,721	3,713
P1 5	11,902	73,040	120	780	109,846	131,815	4,844	867,294	0,927	65,859	648,240	194,174	131,721	3,713
P1 6	298,862	117,315	120	784	109,286	131,143	4,794	1535,882	0,913	65,523	1478,349	832,220	131,051	3,656
P1 7	56,177	36,335	120	780	109,846	131,815	4,844	467,204	0,927	65,859	381,563	62,328	131,721	3,713
P1 8	19,842	18,525	120	784	109,286	131,143	4,794	242,134	0,913	65,523	256,091	23,715	131,051	3,656
P1 9	38,368	44,955	120	780	109,846	131,815	4,844	544,680	0,927	65,859	427,673	80,672	131,721	3,713
P1 10	353,413	34,177	120	784	109,286	131,143	4,794	337,363	0,913	65,523	307,417	37,341	131,051	3,656
B	27,590													

Sumber: Analisis data

Tabel 4.12 Perhitungan alinyemen horizontal jalur kanan

Titik	sudut azimut	Δ (sudut tikungan)	V rencana	R rencana	h (peninggian rel)	Us (lengkung peralihan)	Θ (sudut spirial)	Lc (panjang Lh)	P	K(larak Ts ke P)	Ts(larak Ts ke Pl)	E (P1 ke tengah LC)	Xs (larak Ts ke Vs)	Ys (Sc ke pyksi TS)
A														
P1	41,151	17,225	120	784	109,286	131,143	4,794	104,429	0,913	65,523	184,402	9,864	131,051	3,656
P2	23,926	32,377	120	784	109,286	131,143	4,794	311,664	0,913	65,523	293,393	33,321	131,051	3,656
P3	351,549	87,175	120	780	109,846	131,815	4,844	1054,352	0,927	65,859	809,206	298,153	131,721	3,713
P4	78,724	66,823	120	784	109,286	131,143	4,794	785,092	0,913	65,523	584,983	157,237	131,051	3,656
P5	11,902	73,040	120	784	109,286	131,143	4,794	873,090	0,913	65,523	650,877	195,146	131,051	3,656
P6	298,862	117,315	120	780	109,846	131,815	4,844	1526,704	0,927	65,859	1471,510	828,012	131,721	3,713
P7	56,177	36,335	120	784	109,286	131,143	4,794	470,948	0,913	65,523	382,839	62,627	131,051	3,656
P8	19,842	18,525	120	780	109,846	131,815	4,844	239,557	0,927	65,859	255,459	23,614	131,721	3,713
P9	38,368	44,955	120	784	109,286	131,143	4,794	548,821	0,913	65,523	429,284	81,065	131,051	3,656
P10	353,413	34,177	120	780	109,846	131,815	4,844	334,300	0,927	65,859	306,524	37,170	131,721	3,713
B	27,590													

Sumber: Analisis data

4.3.2. Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal atau biasa juga disebut penampang melintang jalan didefinisikan sebagai perpotongan antara potongan bidang vertikal dengan badan jalan arah memanjang (Sukirman, 1994). Berikut ini adalah parameter yang harus dikerjakan dalam menentukan perhitungan alinyemen vertikal :

A. Titik Elevasi Eksisting Dan Elevasi Rencana

Penentuan elevasi tiap-tiap STA dilakukan dengan membagi trase sepanjang 36848 m setiap 500 m secara konstan. Perhitungan elevasi dilakukan dengan rumus perbandingan segitiga. Untuk alur perhitungan titik elevasi, akan diambil sampel STA 0+000. Berikut ini adalah alur perhitungannya:

- a) Elevasi kontur kanan (KN) = 6,25 m
- b) Elevasi kontur kiri (KR) = 0 m
- c) Jarak antar kontur (JAK) = 62,35 m
- d) Jarak AS ke kontur terdekat = 365,552 m

$$\begin{aligned}
 \text{STA 0+000} &= \text{KB} + \frac{(\text{KN}-\text{KR})}{\text{JAK}} \times \text{AS} \\
 &= 0 + \frac{(6,25-0)}{62,35} \times 365,552 \\
 &= 1,07 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan elevasi eksisting, maka kita dapat menentukan elevasi rencana untuk menggambar potongan melintang jalur ganda. Detail perhitungan elevasi eksisting dan elevasi rencana akan disajikan pada Tabel di lembar (*lampiran*).

B. Perhitungan Lengkung Vertikal

Untuk contoh perhitungan akan diambil titik STA 0+600. Alur perhitungan lengkung vertikal akan di jelaskan dengan rumus sebagai berikut :

Parameter yang dibutuhkan untuk menentukan lengkung vertikal pada STA 0+600 adalah :

- a) Vrencana = 120 km/jam
- b) Rrencana = 8000 m
- c) Elevasi PPV= +22,00 m (Elevasi rencana)

$$\begin{aligned} X_m &= \frac{R}{2} (G_1 - G_2) \\ &= \frac{8000}{2} (0\text{‰} - 10\text{‰}) \\ &= -40 \text{ m (nilai negatif diabaikan)} \end{aligned}$$

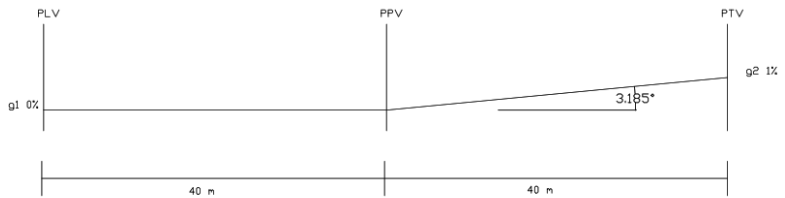
$$\begin{aligned} Y_m &= \frac{R}{8} x (G_1 - G_2)^2 \\ &= \frac{8000}{8} x (0\text{‰} - 10\text{‰})^2 \\ &= 0,1 \text{ m} \end{aligned}$$

$$L = 2 \times X_m = 2 \times 40 = 80 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Elvevasi PLV} &= \text{Elevasi PPV} - \frac{g_1}{1000} \times \frac{1}{2} \times L \\ &= 22,00 - \frac{0\text{‰}}{1000} \times \frac{1}{2} \times 40 \\ &= 22,00 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Elvevasi PTV} &= \text{Elevasi PPV} - \frac{g_2}{1000} \times \frac{1}{2} \times L \\ &= 22,00 - \frac{10\text{‰}}{1000} \times \frac{1}{2} \times 40 \\ &= 22,004 \text{ m} \end{aligned}$$

Setelah melakukan Analisis perhitungan lengkung vertikal pada dengan rumus diatas, maka lengkung vertikal pada sampel titik STA 0+600 hasilnya akan di tampilkan pada Gambar 4.6



Gambar 4.6 Diagram Alinyemen Horizontal STA 0+600

Untuk detail hasil perhitungan lebih lengkap dari perencanaan lengkung vertikal, akan disajikan pada Tabel 4.13 Perhitungan Alinyemen Vertikal

Tabel 4.13 Perhitungan Alinyemen Vertikal

PPV	STA	STA	Elevasi PPV	g ¹ (%)	g ² (%)	φ (%)	Jenis Lengkung	Vd (km/jam)	R vertikal (m)	Δ (°)	Xm (m)	Ym (m)	L (m)	Elevasi PLV (m)	Elevasi PTV (m)
PPV 1	0+600	1+900	11,000	0,00%	1,00%	-1,00%	CEKUNG	120	8000	0,003185	-40	0,1000	-80	11,000	11,004
PPV 2	1+900	5+600	24,000	1,00%	0,00%	1,00%	CEMBUNG	120	8000	0,003185	40	0,1000	80	23,996	24,000
PPV 3	5+600	8+500	24,000	0,00%	0,90%	-0,90%	CEKUNG	120	8000	0,002857	-35,88	0,0805	-72	24,000	24,003
PPV 4	8+500	9+000	50,000	0,90%	0,00%	0,90%	CEMBUNG	120	8000	0,002857	35,88	0,0805	72	49,997	50,000
PPV 5	9+000	10+400	50,000	0,00%	-0,89%	0,89%	CEMBUNG	120	8000	0,002844	35,72	0,0797	71	50,000	50,003
PPV 6	10+400	12+900	37,500	-0,89%	-1,00%	0,11%	CEMBUNG	120	8000	0,000341	4,28	0,0011	9	37,500	37,500
PPV 7	12+900	14+400	12,500	-1,00%	-2,02%	1,02%	CEMBUNG	120	8000	0,003248	40,8	0,1040	82	12,504	12,508
PPV 8	14+400	19+100	12,500	-2,02%	0,00%	-2,02%	CEKUNG	120	8000	0,006433	-80,8	0,4080	-162	12,484	12,500
PPV 9	19+100	33+600	3,000	0,00%	0,75%	-0,75%	CEKUNG	120	8000	0,002389	-30	0,0563	-60	3,000	3,002
PPV 10	33+600	34+000	6,000	0,75%	0,00%	0,75%	CEMBUNG	120	8000	0,002389	30	0,0563	60	5,998	6,000

Sumber: Analisis data

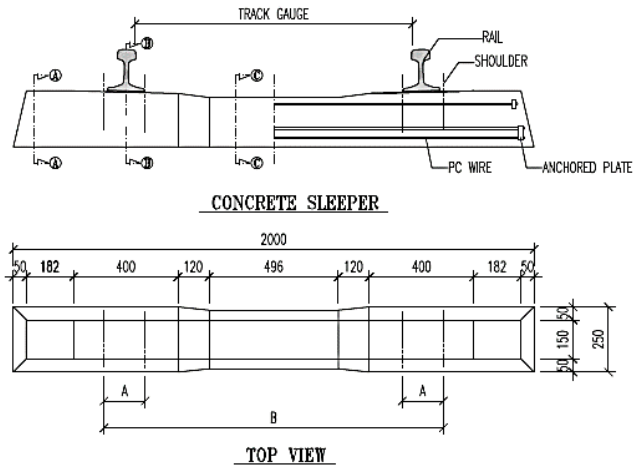
4.4. Perencanaan Struktur Jalan Rel

Dalam perencanaan struktur jalan rel ini akan dibahas mengenai bagaimana desain rel yang digunakan. Semakin berat beban lalu lintas yang digunakan pada jalan rel maka makin besar pula profil yang digunakan. Pada perencanaan jalan rel ini didesain dengan kriteria lebar sepur 1067 mm kelas jalan rel I, dengan data-data dari PM No. 60 Tahun 2012 sebagai berikut:

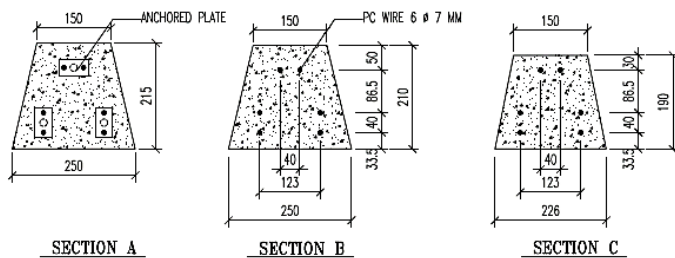
- Digunakan R54
- Passing ton tahunan : > 20 juta ton
- Beban gandar : 18 ton
- Kecepatan maksimum : 120 km/jam
- Jarak antar bantalan : 60 cm
- Jenis bantalan : Beton
- Tebal balas atas : 30 cm
- Lebar bahu balas : 60 cm
- Tipe penambat : pandrol
- Sambungan : Las ditempat

4.4.1. Penentuan Profil Bantalan

Sesuai kelas jalan rel I dalam PM No. 60 Tahun 2012 jenis bantalan yang dipakai beton dengan jarak 60cm antar bantalan. Pada tugas akhir ini perencanaan bantalan menggunakan bantalan beton buatan PT. WIKA dengan alasan mudah dalam pengadaan, lebih tahan lama dan lebih ekonomis. Brosur bantalan yang diproduksi oleh PT. WIKA terdapat di Lampiran. Dimensi bantalan terpilih terdapat pada Gambar 4.7 dan Gambar 4.8



Gambar 4.7 Tampak memanjang bantalan terpilih
Sumber: PT. WIKABETON



Gambar 4.8 Tampak melintang bantalan terpilih
Sumber: PT. WIKABETON

4.4.2. Penentuan Balas dan Sub Balas

Balas dan sub balas merupakan lapisan terusan dari lapisan tanah dasar, dan terletak di daerah yang mengalami konsentrasi tegangan yang terbesar akibat lalu-lintas

kereta pada jalan rel, oleh karena itu material pembentuknya harus baik.

- Balas

Material pembentuk balas harus memenuhi syarat berikut:

- a) Balas harus terdiri dari batu pecah (25-60) mm dan memiliki kapasitas ketahanan yang baik, ketahanan gesek yang tinggi dan mudah dipadatkan;
- b) Material balas harus bersudut banyak dan tajam;
- c) Porositas maksimum 3%;
- d) Kuat tekan rata-rata maksimum 1000 kg/cm^2 ;
- e) Kandungan tanah, lumpur dan organik maksimum 0,5 %;
- f) Kandungan minyak maksimum 0,2%;
- g) Keausan balas sesuai dengan test Los Angeles tidak boleh lebih dari 25%.

- Sub Balas

Lapisan sub-balas terdiri dari kerikil halus, kerikil sedang atau pasir kasar yang memenuhi syarat seperti pada Tabel 4.14

Persyaratan lain sub balas harus memenuhi persyaratan berikut:

- a) Material sub-balas dapat berupa campuran kerikil (gravel) atau kumpulan agregat pecah dan pasir;
- b) Material sub-balas tidak boleh memiliki kandungan material organik lebih dari 5%;
- c) Untuk material sub-balas yang merupakan kumpulan agregat pecah dan pasir, maka harus

mengandung sekurang-kurangnya 30% agregat pecah;

- d) Lapisan sub-balas harus dipadatkan sampai mencapai 100% Yd menurut percobaan ASTM D 698.

Tabel 4.14 Persyaratan Material Sub Balas

Standart Saringan ASTM	Persentase Lolos (%)
2 ½ “	100
¾”	55-100
No. 4	25-95
No. 40	5-35
No. 200	0-10

Sedangkan untuk detail dimensi balas dan sub balas berdasarkan PM. 60 tahun 2012 dijelaskan pada Tabel 4.15

Tabel 4.15 Dimensi Penampang Melintang Rel

Kelas Jalan	V maks (km/jam)	d1 (cm)	b (cm)	c (cm)	k1 (cm)	d2 (cm)	e (cm)	k2 (cm)
1	120	30	150	235	265	15-50	25	375
2	110	30	150	235	265	15-50	25	375
3	100	30	140	225	240	15-50	22	325
4	90	25	140	215	240	15-50	20	300
5	80	25	135	210	240	15-50	20	300

dimana untuk kelas jalan 1 pada perencanaan ini didapatkan nilai sebagai berikut:

d1	= 30 cm
b	= 150 cm
c	= 235 cm
k1	= 265 cm
d2	= 50 cm
e	= 25 cm
k2	= 375 cm

Untuk detail lebih jelas mengenai bentuk penampang jalan rel dapat dilihat pada Gambar 4.9

4.4.3. Perencanaan Peron

Peron adalah bangunan yang terletak di samping jalur kereta api yang berfungsi untuk naik turun penumpang. Perencanaan peron disesuaikan dengan penampang melintang moda kereta api yang melintas. Persyaratan peron yang ditentukan adalah sebagai berikut

- ✓ Celah antara badan kereta dan peron maksimum adalah 75 mm
- ✓ Tinggi peron maksimal adalah setinggi lantai kereta (sebagai contoh 1100 mm)
- ✓ Beda tinggi maksimal antara peron dan lantai kereta adalah 50 mm

Dari data dimensi moda kereta api yang digunakan pada bab sebelumnya didapat:

- ✓ Panjang kereta : 80 m
- ✓ Lebar kereta : 2.990 mm
- ✓ Tinggi kereta dari rel : 3820 mm
- ✓ Tinggi lantai kereta dari rel : 1100 mm

Berdasarkan data tersebut dapat direncanakan peron dengan dimensi sebagai berikut:

1. Panjang peron sesuai dengan panjang kereta yaitu 80 m
2. Lebar peron dihitung berdasarkan jumlah penumpang dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$b = \frac{0,64m^2/orang \times V \times LF}{I}$$

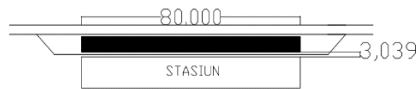
dimana:

b = Lebar peron (m)

- V = Jumlah kapasitas maksimum penumpang kereta
 LF = Load factor (80%)
 I = Panjang peron sesuai rangkaian terpanjang kereta api penumpang yang beroperasi (m)
 b = $(0,64 \times 560 \times 80\%)/80$
 $= 3,6 \text{ m} = 4 \text{ m}$

3. Tinggi peron sesuai dengan tinggi lantai kereta dari kepala rel yaitu 1100 mm

Dari seluruh perhitungan diatas dapat divisualisasikan dimensi peron seperti pada Gambar 4.10



Gambar 4.10 Dimensi peron dalam meter

4.4.4. Perencanaan Wesel

Setelah diketahui panjang dan lebar peron selanjutnya direncanakan wesel yang ada di emplasemen setiap stasiun. Jenis wesel yang digunakan adalah jenis wesel 1:14

Berikut adalah data perencanaan wesel dan emplasemen stasiun baru:

- a) Stasiun Kamal

Denah pada Stasiun kamal dijelaskan seperti pada Gambar 4.11, data teknis wesel dijelaskan pada Tabel 4.16



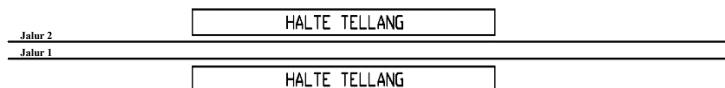
Gambar 4.11 Denah Stasiun Kamal

Tabel 4.16 Data Wesel Stasiun Kamal

No Wesel	Sudut	Arah Wesel		Type Rel	Lidah
		Kanan	Kiri		
1	1:14		Kr	54	Per
2	1:14	Kn		54	Per
3	1:14	Kn		54	Per
4	1:14		Kr	54	Per
5	1:14		Kr	54	Per
6	1:14	Kn		54	Per

b) Halte Telang

Karena berupa halte dan kereta api tidak direncanakan berhenti dalam waktu yang lama, maka pada Halte Telang tidak direncanakan wesel. Untuk denah Stasiun Socah dijelaskan seperti pada Gambar 4.12



Gambar 4.12 Denah Halte Telang

c) Stasiun Socah

Denah pada Stasiun Socah dijelaskan seperti pada Gambar 4.13, kemudian untuk data teknis wesel dijelaskan pada Tabel 4.17



Gambar 4.13 Denah Stasiun Socah

Tabel 4.17 Data Wesel Stasiun Socah

No Wesel	Sudut	Arah Wesel		Type Rel	Lidah
		Kanan	Kiri		
1	1:14	Kn		54	Per
2	1:14	Kn		54	Per
3	1:14	Kn		54	Per
4	1:14		Kr	54	Per
5	1:14		Kr	54	Per
6	1:14		Kr	54	Per

d) Stasiun Bangkalan

Denah pada Stasiun Bangkalan dijelaskan seperti pada Gambar 4.14, kemudian untuk data teknis wesel dijelaskan pada

Tabel 4.18



Gambar 4.14 Denah Stasiun Bangkalan

Tabel 4.18 Data Wesel Stasiun Bangkalan

No Wesel	Sudut	Arah Wesel		Type Rel	Lidah
		Kanan	Kiri		
1	1:14		Kr	54	Per
2	1:14	Kn		54	Per
3	1:14		Kr	54	Per

4	1:14	Kn		54	Per
5	1:14		Kr	54	Per
6	1:14	Kn		54	Per
7	1:14		Kr	54	Per
8	1:14	Kn		54	Per
9	1:14		Kr	54	Per
10	1:14	Kn		54	Per

e) Stasiun Tanjung Bulupandan

Denah pada Stasiun Tanjung Bulupandan dijelaskan seperti pada Gambar 4.15, kemudian untuk data teknis wesel dijelaskan pada Tabel 4.19



Gambar 4.15 Denah Stasiun Tanjung Bulupandan

Tabel 4.19 Data Wesel Stasiun Tanjung Bulupandan

No Wesel	Sudut	Arah Wesel		Type Rel	Lidah
		Kanan	Kiri		
1	1:14		Kr	54	Per
2	1:14	Kn		54	Per
3	1:14		Kr	54	Per
4	1:14	Kn		54	Per
5	1:14	Kn		54	Per
6	1:14	Kn		54	Per
7	1:14	Kn		54	Per
8	1:14		Kr	54	Per
9	1:14		Kr	54	Per
10	1:14		Kr	54	Per
11	1:14		Kr	54	Per

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

RENCANA ANGGARAN BIAYA

Dalam tugas akhir ini perhitungan rencana anggaran biaya konstruksi hanya dibatasi pada perencanaan biaya struktur dan pelaksanaan proyek. Rencana anggaran biaya tidak mencakup perhitungan biaya operasional dan produktivitas pekerja. Beberapa hal yang akan dibahas dalam perhitungan rencana anggaran biaya meliputi;

1. Rincian jenis pekerjaan (Work breakdown structure)
2. Analisis harga satuan pekerjaan konstruksi
3. Rekapitulasi rencana anggaran biaya.

Daftar harga satuan dan rincian jenis pekerjaan didasari oleh PM No. 78 Tahun 2014 Tentang Standar Biaya Di Lingkungan Kementerian Perhubungan. Untuk penjelasan lebih lanjut mengenai pekerjaan jalur kereta api akan dibahas sebagaimana dibawah ini

5.1. Rincian Volume Pekerjaan

Perkiraan biaya pembangunan prasarana jalan rel akan menjadi dasar perhitungan dalam pengerjaan jalur kereta api. Penjelasan secara detail pekerjaan jalur kereta api akan dijabarkan sebagai berikut:

- a) Direksi Keet direncanakan sebanyak 5 buah
 $\text{Luas} = 18 \text{ m}^2 \times 5 = 90 \text{ m}^2$
- b) Gudang dan los kerja direncanakan 5 titik gudang
 $\text{Luas} = 54 \text{ m}^2 \times 5 = 270 \text{ m}^2$
- c) Perlengkapan direksi keet
 $\text{Jumlah} = 1 \times 5 = 5 \text{ buah}$
- d) Pengukuran patok profil

- Luas = 37100×12 (lebar ROW) = 445200 m²
- e) Pengadaan semboyan
Jumlah = 37 buah
 - f) Pembongkaran direksi keet
Luas = $72 \text{ m}^2 \times 5 = 360 \text{ m}^2$
 - g) Pembersihan Lokasi
Luas = $37100 \times 12 = 445200 \text{ m}^2$
 - h) Perhitungan Subbalas
Vol = $79465,5 \times 5,05 \times 0,51 = 204663,4$
 - i) Perhitungan Balas
Vol = $79465,5 \times 5,05 \times 0,3 = 120390,23$
 - j) Pemasangan Bantalan
Jumlah = $79465,5 / 0,6 = 132443$ batang
 - k) Mengelas dengan las termit
Titik = $158931 / 10 = 18594$ titik
 - l) Mengerjakan alat listrimg
Panjang = $79465,5 \text{ m}'$
 - m) Setel wesel
Jumlah = 33 buah
 - n) Patok HM (tiap 100m) dan KM (tiap 1km)
Jumlah = 334 unit
 - o) Subdrain tiap stasiun
Panjang = 2000 m
 - p) Saluran drainase
Panjang = 68917,5 m

Untuk hasil rekap volume pekerjaan dapat dilihat pada Tabel 5.1

Tabel 5.1 Volume Pekerjaan Pembangunan Jalur Kereta Api
Kamal-Pelabuhan Tanjung Bulupandan

NO	URAIAN PEKERJAAN	SATUAN	VOLUME
A	PEKERJAAN PERSIAPAN		
1	Membuat direksi keet	m2	90
2	Membuat gudang dan los kerja	m2	270
3	Perlengkapan direksi keet	ls	5
4	Pengukuran dan pasang patok profil	m2	445200
5	Pengadaan alat semboyan	set	37
6	Membongkar direksi keet	m2	360
B	PEKERJAAN TUBUH JALAN DAN TRACK		
1	Pembersihan lokasi	m2	445200
2	Timbunan tanah dasar borrow	m3	221148,18
3	Menggali tanah dasar dan membuang	m3	242564,65
4	Pengadaan dan menggelar sub balas	m3	204663,4
5	Pengadaan dan memasukkan balas dengan truk	m3	126350,15
6	Pemasangan bantalan beton lengkap penambat	batang	132443
7	Menyetel dan pemasangan rel R.54	m'	158931
8	Mengelas rel dengan las termit	titik	15894
9	Mengejakan alat listring HTT, MTT, PBR, VDM	m'	79465,5
10	Pasang dan stel wesel R.54	unit	33
11	Pasang patok HM dan KM	buah	334
12	Sub drain	unit	2000
13	Saluran drainase	m'	68917,5

5.2. Analisis Pekerjaan Proyek

Pada proses Analisis masing-masing pekerjaan pembangunan jalan rel Kamal-Pelabuhan Tanjung Bulupandan ini menggunakan PM No. 78 Tahun 2014 Tentang Standar Biaya Di Lingkungan Kementerian Perhubungan. Dalam perhitungan Analisis harga satuan pekerjaan ini akan diketahui biaya tiap-tiap pekerjaan. Untuk mengetahui lebih rinci perhitungan Analisis harga satuan tugas akhir ini dapat dilihat pada Tabel 5.2

Tabel 5.2 Harga Satuan Pekerjaan Pembangunan Jalur Kereta Api Kamal-Pelabuhan Tanjung Bulupandan

NO	URAIAN PEKERJAAN	SATUAN	HARGA SATUAN (Rp)
A	PEKERJAAN PERSIAPAN		
1	Membuat direksi keet	m2	368.372,67
2	Membuat gudang dan los kerja	m2	412.524,36
3	Perlengkapan direksi keet	ls	23.400.000,00
4	Pengukuran dan pasang patok profil	m2	33.266,73
5	Pengadaan alat semboyan	set	1.027.997,67
6	Membongkar direksi keet	m2	13.047,39
B	PEKERJAAN TUBUH JALAN DAN TRACK		
1	Pembersihan lokasi	m2	14.900,16
2	Timbunan tanah dasar borrow	m3	129.642,86
3	Menggali tanah dasar dan membuang	m3	127.800,78
4	Pengadaan dan menggelar sub balas	m3	576.475,84
5	Pengadaan dan memasukkan balas dengan truk	m3	460.076,42

NO	URAIAN PEKERJAAN	SATUAN	HARGA SATUAN (Rp)
6	Pemasangan bantalan beton lengkap penambat	batang	30.734,04
7	Menyetel dan pemasangan rel R.54	m'	193.168,87
8	Mengelas rel dengan las termit	titik	1.733.624,94
9	Mengejakan alat listring HTT, MTT, PBR, VDM	m'	335.199,94
10	Pasang dan stel wesel R.54	unit	24.369.876,23
11	Pasang patok HM dan KM	buah	593.724,34
12	Sub drain	m'	1.188.136,03
13	Saluran drainase	m'	1.579.757,53

5.3. Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya

Sebagai sampel perhitungan inflasi dari harga tahun 2014 dikonversi menjadi harga tahun 2018 yang akan digunakan sebagai acuan dalam menentukan harga rencana anggaran biaya adalah item pembersihan lokasi

Data yang dibutuhkan dalam perhitungan rencana anggaran biaya konstruksi jalan rel adalah sebagai berikut

- ✓ Tingkat Inflasi (i) = 4,3 %
- ✓ Nilai Waktu (n) = 4 tahun
- ✓ HSPK 2014 (PV) = Rp. 14.900,16

- a) Pembersihan Lokasi (dalam satuan = m²):
- $$\begin{aligned}
 \text{Luas} &= \text{Panjang Rel} \times \text{Lebar ROW} \\
 &= 37100 \times 12 \\
 &= 445200 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

- b) Harga satuan pengadaan bahan rel UIC R54 dari tahun 2014 menjadi tahun 2018:

$$\begin{aligned}
 FV &= PV \times (1+i)^n \\
 &= \text{Rp } 16.900,16 \times (1 + 4,3\%)^4 \\
 &= \text{Rp } 17.431,08
 \end{aligned}$$

- c) Jumlah rencana anggaran biaya untuk Pengadaan bahan rel UIC R54 adalah:

$$\begin{aligned}
 \text{Harga} &= \text{Volume} \times \text{HSPK konversi 2018} \\
 &= 37100 \times \text{Rp } 17.431,08 \\
 &= \text{Rp } 7.760.316.691,95
 \end{aligned}$$

Untuk hasil lengkap tentang perhitungan rencana anggaran biaya masing-masing item pekerjaan dapat dilihat lebih jelas pada Tabel 5.3

Tabel 5.3 Perhitungan Rencana Anggaran Biaya

NO	URAIAN PEKERJAAN	SATUAN	VOLUME	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH (Rp)
A	PEKERJAAN PERSIAPAN				
1	Membuat direksi keet	m2	90	430.943,92	38.784.952,91
2	Membuat gudang dan los kerja	m2	270	482.595,15	130.300.691,51
3	Perlengkapan direksi keet	ls	5	27.374.690,30	136.873.451,52
4	Pengukuran dan pasang patok profil	m2	445200	38.917,37	17.326.012.613,67
5	Pengadaan alat semboyan	set	37	1.202.611,87	44.496.639,33
6	Membongkar direksi keet	m2	360	15.263,60	5.494.896,32
Jumlah A					17.681.963.245,27
B	PEKERJAAN TUBUH JALAN DAN TRACK				
1	Pembersihan lokasi	m2	445200	17.431,08	7.760.316.691,95
2	Timbunan tanah dasar borrow	m3	543661,16	129.642,86	82.453.722.263,33
3	Menggali tanah dasar dan membuang	m3	1101793,2	127.800,78	164.727.819.270,04
4	Pengadaan dan menggelar sub balas	m3	204663,4	674.395,20	138.024.010.565,35
5	Pengadaan dan memasukkan balas dengan truk	m3	120390,23	538.224,34	68.004.723.172,98

NO	URAIAN PEKERJAAN	SATUAN	VOLUME	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH (Rp)
6	Pemasangan bantalan beton lengkap penambat	batang	132443	35.954,48	4.761.901.187,92
7	Menyetel dan pemasangan rel R.54	m'	158931	225.980,26	35.915.268.081,44
8	Mengelas rel dengan las termit	titik	15894	2.028.095,98	32.234.557.440,77
9	Mengejakan alat listring HTT, MTT, PBR, VDM	m'	79465,5	392.136,52	31.161.324.560,17
10	Pasang dan stel wesel R.54	unit	33	28.509.308,31	940.807.174,36
11	Pasang patok HM dan KM	buah	334	593.724,34	231.987.549,48
13	Sub drain	m'	2000	1.188.136,03	2.779.902.210,28
14	Saluran drainase	m'	68917,5	1.579.757,53	127.365.940.312,74
Jumlah B					696.362.280.480,81
Jumlah A + B					714.044.243.726,08
PPN 10%					71.404.424.372,61
Jumlah Total					785.448.668.098,69
Pembulatan					785.448.669.000,00
Terbilang: <i>Tujuh Ratus Delapan Puluh Lima Miliar Empat Ratus Empat Puluh Delapan Juta Enam Ratus Enam Puluh Sembilan Ribu Rupiah</i>					

BAB VI KESIMPULAN

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan perhitungan konstruksi jalan rel dan rencana anggaran biaya pada lintas Kamal-Pelabuhan Tanjung Bulupandan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- A. Dalam pemilihan alternatif trase dipilih rute alternatif trase 3 sebagai perencanaan dengan total panjang 37,1 km
- B. Berdasarkan perencanaan lengkung horizontal dengan rencana 120 km/jam, jari-jari minimum 780 m, dan didesain menggunakan lengkung *Spiral-Circle-Spiral*; didapatkan jumlah tikungan sebanyak 10 tikungan. Untuk perencanaan lengkung vertikal dengan kelandaian maksimum yang digunakan 0‰ - 4‰ dan radius lengkung 8000 m; didapatkan jumlah lengkung sebanyak 10 lengkung
- C. Konstruksi jalan rel yang digunakan menggunakan jenis rel UIC tipe R.54 dengan bantalan beton yang dipasang dengan jarak 60 cm serta disambung dengan las termit. Untuk wesel yang digunakan yaitu nomor wesel W 14 dengan kecepatan ijin 50 km/jam dengan sudut simpang 1:14

Untuk balas didapatkan tebal balas atas (d1) 30 cm dan tebal balas bawah (d2) 50 cm. sedangkan untuk

panjang peron, direncanakan peron tinggi dengan panjang 100 m dengan lebar 4 m.

- D. Rencana anggaran biaya yang dibutuhkan untuk pembangunan jalur kereta api Kamal-Pelabuhan Tanjung Bulupandan yaitu Rp. 785.448.669.000,00

6.2. Saran

Saran dalam perancangan jalur kereta api Kamal-Pelabuhan Tanjung Bulupandan adalah sebagai berikut:

1. Mengingat Kabupaten Bangkalan masih dalam tahap pengembangan, trase rencana bisa disesuaikan dengan kondisi kedepannya
2. Perencanaan geometrik alinyemen vertikal dan horizontal dibuat senyaman mungkin untuk memberikan kenyamanan pada penumpang kereta api dan memberikan waktu tempuh yang relatif singkat.
3. Struktur jalan rel dibuat seaman mungkin dengan memperhitungkan hal teknis yang disesuaikan dengan pedoman perencanaan jalan rel.
4. Penentuan emplasemen yang direncanakan diharapkan mampu menampung jumlah penumpang yang akan menggunakan transportasi kereta api.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. (2017). ***Kabupaten Bangkalan Dalam Angka 2017***. Bangkalan.
- INKA. (2018, April 12). diakses melalui <https://www.inka.co.id/product/view/3>
- Ismoyo, Y. (2016). ***Perencanaan Jalur Ganda Kereta Api Lintas Bangil-Malang***. Surabaya: Teknik Sipil ITS.
- Khoirudin, R. M. (2016). ***Perencanaan Jalur Revitalisasi Jalur Kereta Api Lintas Semarang-Demak***. Surabaya: Teknik Sipil ITS.
- Menteri Perhubungan Republik Indonesia. (2012). ***Peraturan Menteri Nomor 60 (Vol. 4)***. (Soemargono, Trans.) Jakarta: dephub.go.id.
- Menteri Perhubungan Republik Indonesia. (2014). ***Peraturan Menteri No. 78 tentang standar biaya di lingkungan kementerian perhubungan***. Jakarta: dephub.go.id.
- Pemerintah Kabupaten Bangkalan. (2009). ***Peraturan Daerah Kabupaten Bangkalan tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Bangkalan***. Bangkalan.



Muhammad Zainal Muttaqin
Penulis dilahirkan di Surabaya
30 Desember 1996, merupakan
anak kelima dari 5 bersaudara.
Penulis telah menempuh
pendidikan formal di TK Islam
Mutriara (Surabaya), SD
Muhammadiyah 16 (Surabaya),
SMP Negeri 19 (Surabaya),
SMA Negeri 2 (Surabaya).
Setelah lulus dari SMA Negeri 2
Surabaya tahun 2014, penulis
melanjutkan studi di S1

Departemen Teknik Sipil FTSLK ITS melalui program
mandiri dan terdaftar dengan NRP 3114100146. Di
departemen Teknik Sipil ini penulis mengambil bidang
studi Transportasi Rel. Penulis pernah aktif dalam
beberapa kegiatan seminar yang diselenggarakan oleh
kampus ITS. Selain itu penulis juga aktif di HMS sebagai
staff PSDM (2015-2016), staff CECC (2016-2017), dan
Ketua Departemen Media Kreatif Al-Hadiid (2016-2017).
Untuk komunikasi dengan penulis dapat menghubungi
083857533223 atau lewat email *mzainal1996@gmail.com*

1.1. Tabel Elevasi Tanah Eksisting

No	stasioning	Elevasi	Gradien ‰
1	0,000	8,62	-
2	409,046	12,50	9,49
4	708,030	18,75	20,90
5	1030,565	25,00	19,38
6	2762,755	25,00	0,00
7	2809,414	25,00	0,00
8	2881,471	25,00	0,00
9	3152,300	25,00	0,00
10	3367,858	25,00	0,00
11	3610,154	18,75	-25,79
12	3637,731	18,75	0,00
13	4106,605	25,00	13,33
14	4278,621	25,00	0,00
15	4406,193	25,00	0,00
16	4718,049	25,00	0,00
17	5600,000	19,40	-6,35
18	6987,100	25,00	4,04
19	7555,624	37,50	21,99
20	8493,452	50,00	13,33
21	8970,820	50,00	0,00
22	10380,534	37,50	-8,87
23	10595,817	31,25	-29,03
24	11059,720	25,00	-13,47
25	11501,176	18,75	-14,16

26	12522,299	12,50	-6,12
27	12705,419	12,50	0,00
28	12734,103	12,50	0,00
29	14335,876	9,50	-1,87
30	16689,132	6,25	-1,38
31	18200,000	5,40	-0,56
32	19900,000	2,50	-1,71
33	21600,000	4,30	1,06
34	22000,000	5,40	2,75
35	23530,417	6,25	0,56
36	24130,349	6,25	0,00
37	26000,000	4,50	-0,94
38	27000,000	3,60	-0,90
39	28000,000	3,20	-0,40
40	29000,000	2,80	-0,40
41	30000,000	5,60	2,80
42	31000,000	4,20	-1,40
43	32000,000	4,10	-0,10
44	33000,000	4,30	0,20
45	34000,000	1,90	-2,40
46	35000,000	2,00	0,10
47	36000,000	1,30	-0,70
48	37000,000	2,10	0,80
49	37100,000	1,90	-2,00

1.2. Tabel Elevasi Tanah Rencana

No	stasioning	Elv Rencana	Gradien Rencana ‰
1	0,000	11,00	0,00
2	600,000	11,00	0,00
4	1900,000	24,00	10,00
5	5600,000	24,00	0,00
6	8500,000	50,00	8,97
7	9000,000	50,00	0,00
8	10400,000	37,50	-8,93
9	12900,000	12,50	-10,00
10	14400,000	12,50	0,00
11	19100,000	3,00	-2,02
12	33600,000	3,00	0,00
13	34000,000	6,00	7,50
14	37100,000	6,00	0,00

1.3. Tabel Volume Galian dan Timbunan

Tabel Volume							
Lokasi						Timbunan	Galian
STA			STA			Volume (m3)	
0	+	000	0	+	100	1829,7	
0	+	100	0	+	200	1697,0	
0	+	200	0	+	300	1053,3	2552,0
0	+	300	0	+	400		4534,8
0	+	400	0	+	500		8232,4
0	+	500	0	+	600		12000,1
0	+	600	0	+	700		18714,8
0	+	700	0	+	800		21065,1
0	+	800	0	+	900		25598,1
0	+	900	1	+	000		28142,1
1	+	000	1	+	100		29774,0
1	+	100	1	+	200		27870,1
1	+	200	1	+	300		22665,5
1	+	300	1	+	400		20231,1
1	+	400	1	+	500		15698,5
1	+	500	1	+	600		13600,2
1	+	600	1	+	700		9739,5
1	+	700	1	+	800		7977,2
1	+	800	1	+	900		4788,6
1	+	900	2	+	000		4033,4
2	+	000	2	+	100		4033,4
2	+	100	2	+	200		4033,4
2	+	200	2	+	300		4033,4
2	+	300	2	+	400		4033,4

2	+	400	2	+	500		4033,4
2	+	500	2	+	600		4033,4
2	+	600	2	+	700		4033,4
2	+	700	2	+	800		4033,4
2	+	800	2	+	900		4033,4
2	+	900	3	+	000		4033,4
3	+	000	3	+	100		4033,4
3	+	100	3	+	200		4033,4
3	+	200	3	+	300		4033,4
3	+	300	3	+	400		3425,6
3	+	400	3	+	500	1916,0	145,8
3	+	500	3	+	600	4832,3	
3	+	600	3	+	700	6566,9	
3	+	700	3	+	800	5200,7	
3	+	800	3	+	900	1517,4	
3	+	900	4	+	000	509,9	
4	+	000	4	+	100	472,1	2093,3
4	+	100	4	+	200		3369,8
4	+	200	4	+	300		4033,4
4	+	300	4	+	400		4033,4
4	+	400	4	+	500		4033,4
4	+	500	4	+	600		4033,4
4	+	600	4	+	700		4033,4
4	+	700	4	+	800		3687,3
4	+	800	4	+	900	458,9	1735,3
4	+	900	5	+	000	958,0	
5	+	000	5	+	100	454,6	
5	+	100	5	+	200	818,4	

5	+	200	5	+	300	2272,9	
5	+	300	5	+	400	3065,7	
5	+	400	5	+	500	4660,4	
5	+	500	5	+	600	5366,8	
5	+	600	5	+	700	6721,6	
5	+	700	5	+	800	7680,2	
5	+	800	5	+	900	8026,6	
5	+	900	6	+	000	9257,2	
6	+	000	6	+	100	12455,9	
6	+	100	6	+	200	13354,7	
6	+	200	6	+	300	15678,2	
6	+	300	6	+	400	16737,6	
6	+	400	6	+	500	18727,4	
6	+	500	6	+	600	19752,5	
6	+	600	6	+	700	21878,4	
6	+	700	6	+	800	23097,1	
6	+	800	6	+	900	25880,3	
6	+	900	7	+	000	26915,8	
7	+	000	7	+	100	22663,8	
7	+	100	7	+	200	19869,3	
7	+	200	7	+	300	15305,0	
7	+	300	7	+	400	12592,5	
7	+	400	7	+	500	7880,1	
7	+	500	7	+	600	6052,4	
7	+	600	7	+	700	4105,3	
7	+	700	7	+	800	3573,8	
7	+	800	7	+	900	3441,7	
7	+	900	8	+	000	1845,2	

8	+	000	8	+	100	865,1	
8	+	100	8	+	200	454,5	
8	+	200	8	+	300	439,5	
8	+	300	8	+	400	798,9	
8	+	400	8	+	500	1725,2	
8	+	500	8	+	600	2019,9	
8	+	600	8	+	700	2019,9	
8	+	700	8	+	800	2019,9	
8	+	800	8	+	900	2019,9	
8	+	900	9	+	000	1725,2	
9	+	000	9	+	100	1135,6	
9	+	100	9	+	200	1135,6	
9	+	200	9	+	300	1135,6	
9	+	300	9	+	400	1135,6	
9	+	400	9	+	500	1135,6	
9	+	500	9	+	600	1135,6	
9	+	600	9	+	700	1135,6	
9	+	700	9	+	800	1135,6	
9	+	800	9	+	900	1135,6	
9	+	900	10	+	000	1135,6	
10	+	000	10	+	100	1135,6	
10	+	100	10	+	200	1135,6	
10	+	200	10	+	300	1135,6	
10	+	300	10	+	400	1913,7	
10	+	400	10	+	500	2079,9	
10	+	500	10	+	600	2991,1	
10	+	600	10	+	700	8487,8	
10	+	700	10	+	800	9106,7	

10	+	800	10	+	900	9269,8	
10	+	900	11	+	000	9311,1	
11	+	000	11	+	100	9543,4	
11	+	100	11	+	200	9702,2	
11	+	200	11	+	300	12159,6	
11	+	300	11	+	400	12935,6	
11	+	400	11	+	500	14330,3	
11	+	500	11	+	600	14429,9	
11	+	600	11	+	700	13035,2	
11	+	700	11	+	800	12261,7	
11	+	800	11	+	900	10768,5	
11	+	900	12	+	000	10223,7	
12	+	000	12	+	100	8838,0	
12	+	100	12	+	200	8077,5	
12	+	200	12	+	300	6799,4	
12	+	300	12	+	400	6106,9	
12	+	400	12	+	500	5076,7	
12	+	500	12	+	600	4259,2	
12	+	600	12	+	700	1878,0	
12	+	700	12	+	800	887,8	
12	+	800	12	+	900	785,5	
12	+	900	13	+	000	1053,1	
13	+	000	13	+	100	716,5	
13	+	100	13	+	200	541,4	
13	+	200	13	+	300	177,8	
13	+	300	13	+	400	124,4	
13	+	400	13	+	500	340,8	
13	+	500	13	+	600	940,1	

13	+	600	13	+	700	542,7	
13	+	700	13	+	800	1020,3	
13	+	800	13	+	900	1235,7	
13	+	900	14	+	000	1795,1	
14	+	000	14	+	100	2328,9	
14	+	100	14	+	200	2745,5	
14	+	200	14	+	300	3094,9	
14	+	300	14	+	400	3182,7	
14	+	400	14	+	500	3246,2	
14	+	500	14	+	600	2051,7	
14	+	600	14	+	700	1511,0	
14	+	700	14	+	800	1735,8	
14	+	800	14	+	900	2028,2	
14	+	900	15	+	000	2499,2	
15	+	000	15	+	100	2487,1	
15	+	100	15	+	200	2366,9	
15	+	200	15	+	300	2259,5	
15	+	300	15	+	400	1989,2	
15	+	400	15	+	500	1930,7	
15	+	500	15	+	600	1850,3	
15	+	600	15	+	700	1838,5	
15	+	700	15	+	800	1736,7	
15	+	800	15	+	900	1622,3	
15	+	900	16	+	000	1510,4	
16	+	000	16	+	100	1399,3	
16	+	100	16	+	200	968,6	
16	+	200	16	+	300	914,3	
16	+	300	16	+	400	1019,5	

16	+	400	16	+	500	913,5	
16	+	500	16	+	600	912,6	
16	+	600	16	+	700	861,7	
16	+	700	16	+	800	551,3	
16	+	800	16	+	900	401,1	
16	+	900	17	+	000	96,0	
17	+	000	17	+	100	89,7	
17	+	100	17	+	200	303,2	
17	+	200	17	+	300	416,9	
17	+	300	17	+	400	682,0	
17	+	400	17	+	500	717,3	
17	+	500	17	+	600	967,3	
17	+	600	17	+	700	1094,8	
17	+	700	17	+	800	1684,3	
17	+	800	17	+	900		2189,3
17	+	900	18	+	000	2663,4	
18	+	000	18	+	100	3063,5	
18	+	100	18	+	200	3197,8	
18	+	200	18	+	300	3265,9	
18	+	300	18	+	400	3265,9	
18	+	400	18	+	500	3197,0	
18	+	500	18	+	600	3266,2	
18	+	600	18	+	700	3402,9	
18	+	700	18	+	800	3472,1	
18	+	800	18	+	900	3750,7	
18	+	900	19	+	000	3820,7	
19	+	000	19	+	100	3848,9	
19	+	100	19	+	200	3709,7	

19	+	200	19	+	300	3266,2	
19	+	300	19	+	400	2997,7	
19	+	400	19	+	500	2467,5	
19	+	500	19	+	600	2275,0	
19	+	600	19	+	700		1510,4
19	+	700	19	+	800		1702,9
19	+	800	19	+	900		2729,2
19	+	900	20	+	000		2861,6
20	+	000	20	+	100		3130,2
20	+	100	20	+	200		3335,4
20	+	200	20	+	300		3708,5
20	+	300	20	+	400		3778,5
20	+	400	20	+	500		3962,5
20	+	500	20	+	600		4105,1
20	+	600	20	+	700		4540,6
20	+	700	20	+	800		5296,9
20	+	800	20	+	900		5673,6
20	+	900	21	+	000		6061,6
21	+	000	21	+	100		6950,1
21	+	100	21	+	200		7317,3
21	+	200	21	+	300		7484,3
21	+	300	21	+	400		7576,6
21	+	400	21	+	500		7745,3
21	+	500	21	+	600		7050,4
21	+	600	21	+	700		6385,7
21	+	700	21	+	800		6880,5
21	+	800	21	+	900		7114,5
21	+	900	22	+	000		7543,5

22	+	000	22	+	100		7293,0
22	+	100	22	+	200		6831,5
22	+	200	22	+	300		6620,5
22	+	300	22	+	400		6172,3
22	+	400	22	+	500		7149,0
22	+	500	22	+	600		7695,6
22	+	600	22	+	700		8172,2
22	+	700	22	+	800		8258,0
22	+	800	22	+	900		8466,4
22	+	900	23	+	000		8553,3
23	+	000	23	+	100		8728,7
23	+	100	23	+	200		8904,9
23	+	200	23	+	300		9082,0
23	+	300	23	+	400		9082,0
23	+	400	23	+	500		9171,4
23	+	500	23	+	600		9440,1
23	+	600	23	+	700		9485,1
23	+	700	23	+	800		9485,1
23	+	800	23	+	900		9485,1
23	+	900	24	+	000		9485,1
24	+	000	24	+	100		9485,1
24	+	100	24	+	200		9395,1
24	+	200	24	+	300		9251,8
24	+	300	24	+	400		8720,6
24	+	400	24	+	500		8553,3
24	+	500	24	+	600		8466,4
24	+	600	24	+	700		8120,7
24	+	700	24	+	800		7949,5

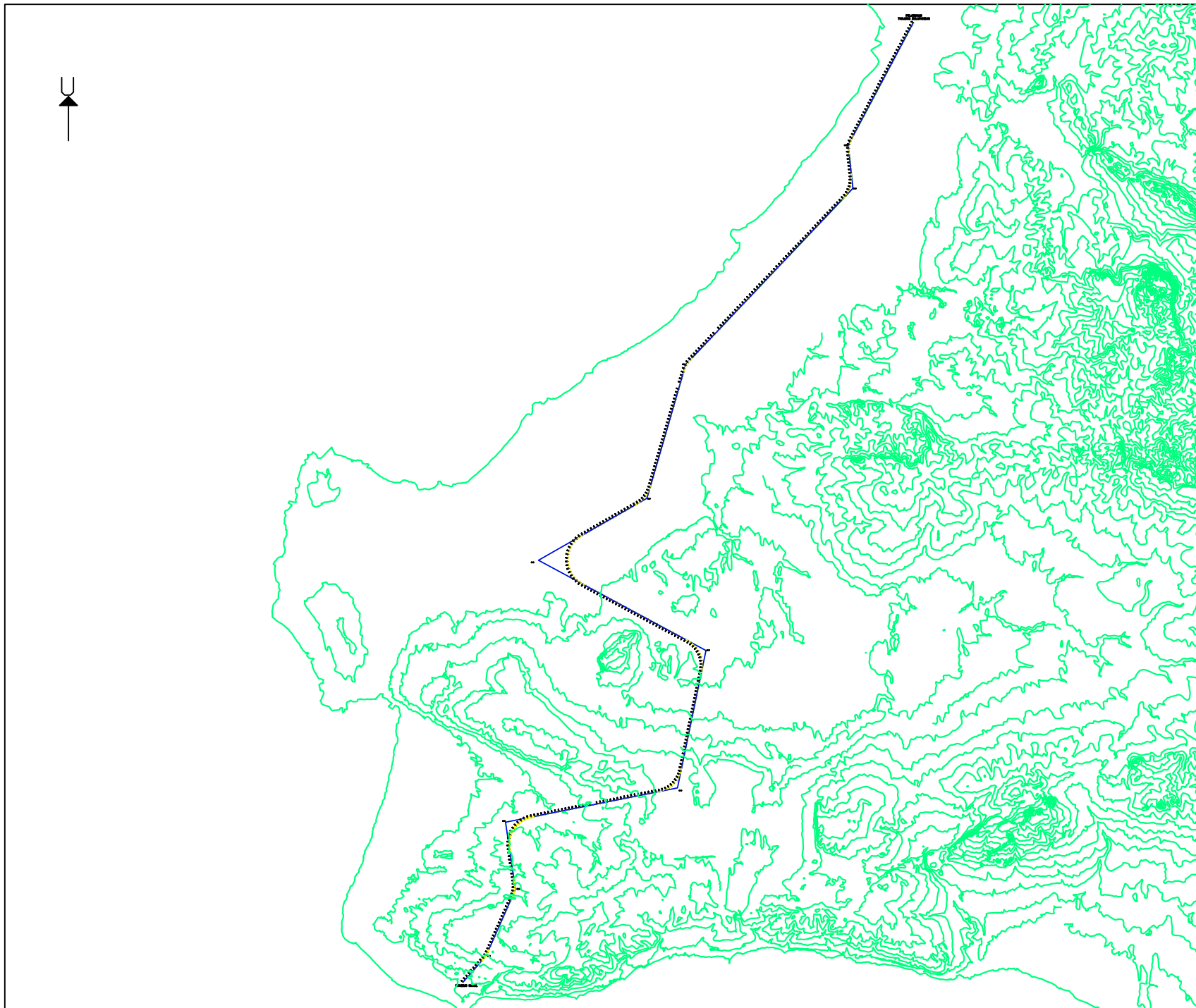
24	+	800	24	+	900		7610,5
24	+	900	25	+	000		7442,6
25	+	000	25	+	100		7242,4
25	+	100	25	+	200		7078,0
25	+	200	25	+	300		6701,0
25	+	300	25	+	400		6590,9
25	+	400	25	+	500		6283,2
25	+	500	25	+	600		6132,3
25	+	600	25	+	700		5849,3
25	+	700	25	+	800		5640,1
25	+	800	25	+	900		5347,2
25	+	900	26	+	000		5271,3
26	+	000	26	+	100		4999,4
26	+	100	26	+	200		4864,8
26	+	200	26	+	300		4598,4
26	+	300	26	+	400		4466,6
26	+	400	26	+	500		4401,7
26	+	500	26	+	600		4012,3
26	+	600	26	+	700		3884,5
26	+	700	26	+	800		3631,7
26	+	800	26	+	900		3506,6
26	+	900	27	+	000		3259,3
27	+	000	27	+	100		3204,6
27	+	100	27	+	200		3231,8
27	+	200	27	+	300		3252,2
27	+	300	27	+	400		3293,2
27	+	400	27	+	500		3313,7
27	+	500	27	+	600		3354,8

27	+	600	27	+	700		3375,4
27	+	700	27	+	800		3667,4
27	+	800	27	+	900		2787,8
27	+	900	28	+	000		2454,3
28	+	000	28	+	100		2350,9
28	+	100	28	+	200		2299,5
28	+	200	28	+	300		2197,2
28	+	300	28	+	400		2146,4
28	+	400	28	+	500		2045,2
28	+	500	28	+	600	1827,4	
28	+	600	28	+	700	1411,5	
28	+	700	28	+	800	1380,9	
28	+	800	28	+	900	1318,5	
28	+	900	29	+	000	1291,0	
29	+	000	29	+	100	1273,8	579,8
29	+	100	29	+	200		2534,4
29	+	200	29	+	300		2903,7
29	+	300	29	+	400		3668,5
29	+	400	29	+	500		4064,2
29	+	500	29	+	600		4881,7
29	+	600	29	+	700		5257,2
29	+	700	29	+	800		6207,7
29	+	800	29	+	900		6768,6
29	+	900	30	+	000		7781,7
30	+	000	30	+	100		8009,0
30	+	100	30	+	200		7821,7
30	+	200	30	+	300		7677,9
30	+	300	30	+	400		7359,1

30	+	400	30	+	500		7234,2
30	+	500	30	+	600		5288,6
30	+	600	30	+	700		4349,9
30	+	700	30	+	800		4320,9
30	+	800	30	+	900		4306,4
30	+	900	31	+	000		4249,8
31	+	000	31	+	100		4263,1
31	+	100	31	+	200		4277,5
31	+	200	31	+	300		4306,4
31	+	300	31	+	400		4364,4
31	+	400	31	+	500		4393,5
31	+	500	31	+	600		4451,8
31	+	600	31	+	700		4481,0
31	+	700	31	+	800		4539,5
31	+	800	31	+	900		4568,8
31	+	900	32	+	000		4627,6
32	+	000	32	+	100		4657,1
32	+	100	32	+	200		4322,7
32	+	200	32	+	300		4027,0
32	+	300	32	+	400		4234,7
32	+	400	32	+	500		4451,8
32	+	500	32	+	600		4481,0
32	+	600	32	+	700		4539,5
32	+	700	32	+	800		4568,8
32	+	800	32	+	900		4627,6
32	+	900	33	+	000		4657,1
33	+	000	33	+	100		4482,3
33	+	100	33	+	200		3822,3

33	+	200	33	+	300		3487,3
33	+	300	33	+	400		3327,0
33	+	400	33	+	500		2365,4
33	+	500	33	+	600	1915,4	
33	+	600	33	+	700	470,6	
33	+	700	33	+	800	524,4	
33	+	800	33	+	900	2660,0	
33	+	900	34	+	000	3644,8	
34	+	000	34	+	100	5007,3	
34	+	100	34	+	200	5275,4	
34	+	200	34	+	300	5232,1	
34	+	300	34	+	400	5217,7	
34	+	400	34	+	500	5188,9	
34	+	500	34	+	600	5174,5	
34	+	600	34	+	700	5145,8	
34	+	700	34	+	800	5131,5	
34	+	800	34	+	900	5102,6	
34	+	900	35	+	000	4947,2	
35	+	000	35	+	100	5138,7	
35	+	100	35	+	200	5326,2	
35	+	200	35	+	300	5427,9	
35	+	300	35	+	400	5633,0	
35	+	400	35	+	500	5736,4	
35	+	500	35	+	600	5944,8	
35	+	600	35	+	700	6049,8	
35	+	700	35	+	800	6261,5	
35	+	800	35	+	900	6360,5	
35	+	900	36	+	000	6575,5	

36	+	000	36	+	100	6452,2	
36	+	100	36	+	200	6330,0	
36	+	200	36	+	300	6208,4	
36	+	300	36	+	400	5967,3	
36	+	400	36	+	500	5847,8	
36	+	500	36	+	600	5611,0	
36	+	600	36	+	700	151752,0	
36	+	700	36	+	800	151752,0	
36	+	800	36	+	900	151752,0	
36	+	900	37	+	000	151752,0	
37	+	000	37	+	100	151752,0	
TOTAL						1645454,4	1101793,2



Departemen
Teknik Sipil
FTSLK – ITS

Judul Tugas

Perancangan
Geometri Jalan Rel
Kamal–Pelabuhan
Tanjung Bulupandan
Di Madura

Nama Gambar

Tampak Trase

Skala

Ukuran

1 : 1500

m

No
Gambar

Jumlah
Gambar

1

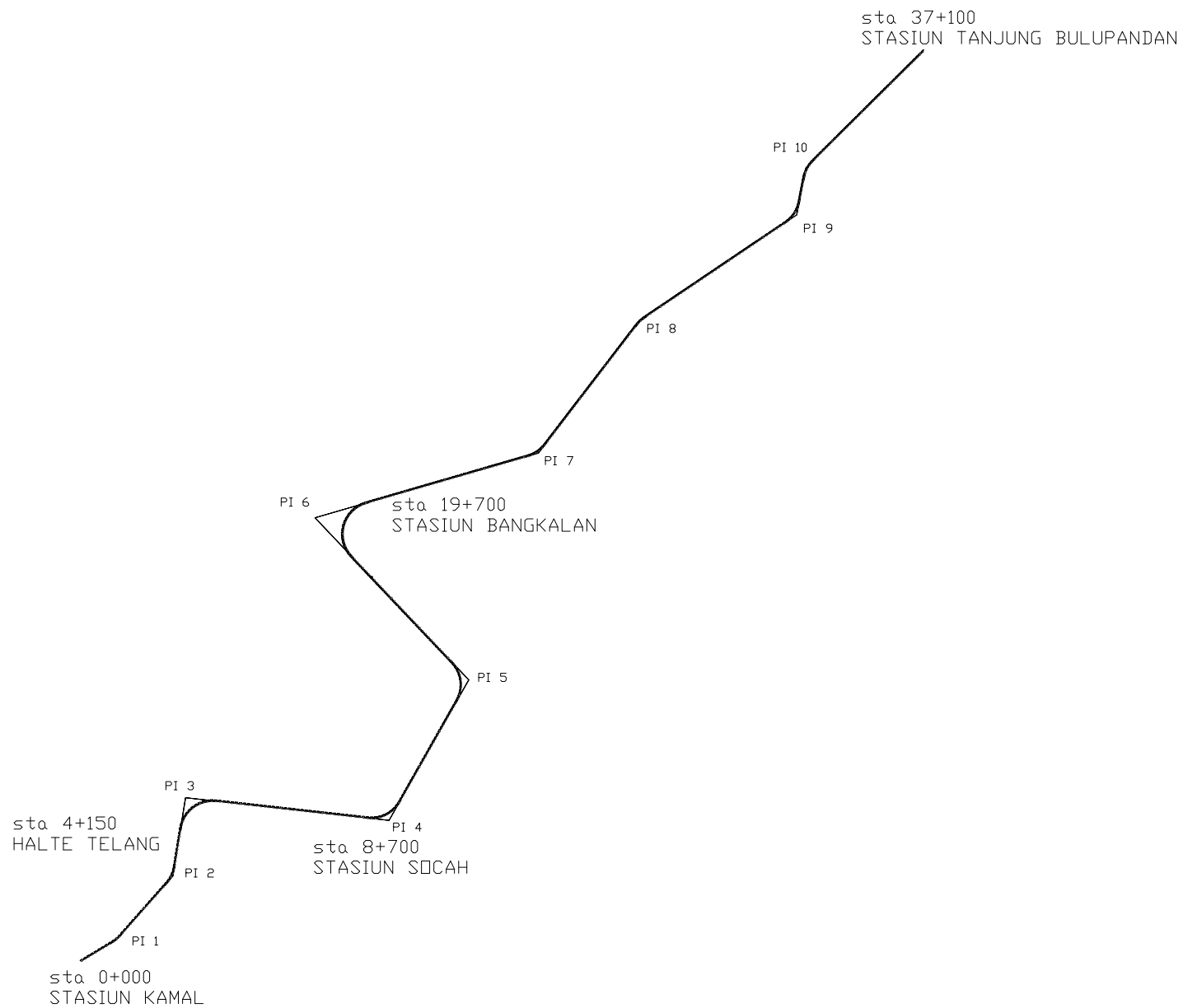
85

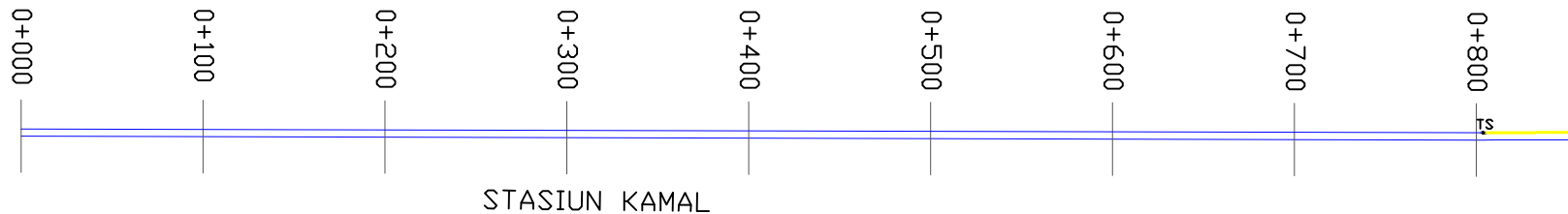
Dosen Pembimbing

Ir. Wahyu Herijanto, MT.
Budi Rahardjo, ST. MT.

Nama & NRP Mahasiswa

MUHAMMAD ZAINAL MUTTAQIN
03111440000146





Departemen
Teknik Sipil
FTSLK – ITS

Judul Tugas

Perancangan
Geometri Jalan Rel
Kamal–Pelabuhan
Tanjung Bulupandan
Di Madura

Nama Gambar

General Situasi dan
Potongan Memanjang

Skala

Ukuran

1 : 400

m

No
Gambar

Jumlah
Gambar

3

85

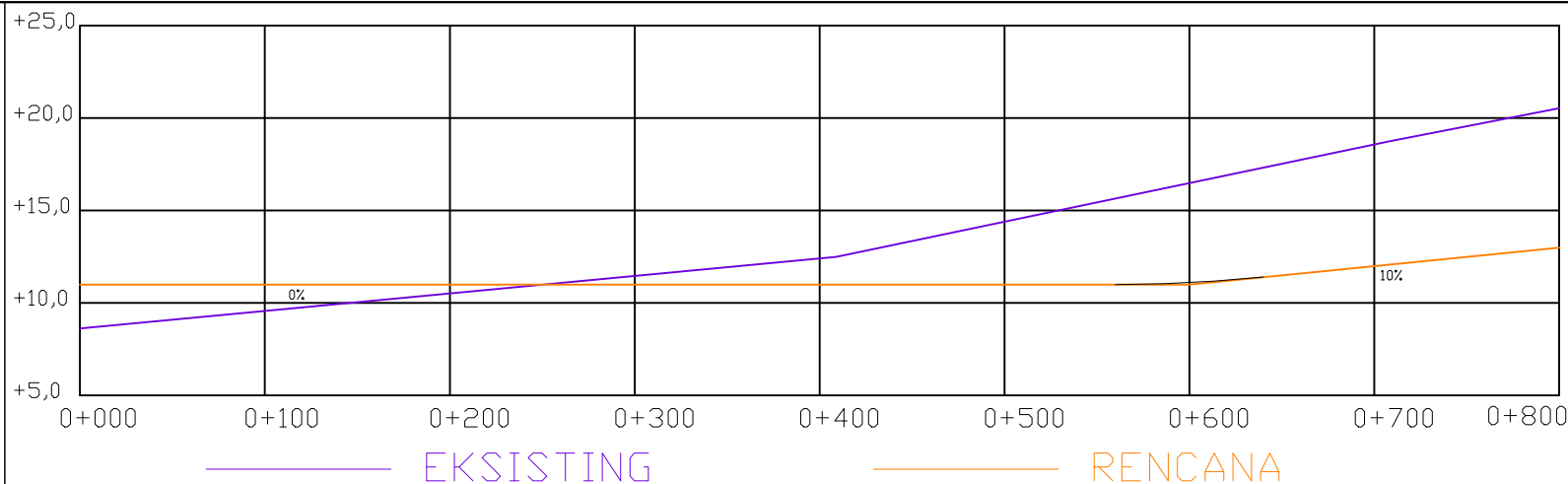
Dosen Pembimbing

Ir. Wahyu Herijanto, MT.
Budi Rahardjo, ST. MT.

Nama & NRP Mahasiswa

MUHAMMAD ZAINAL MUTTAQIN
03111440000146

PROFIL



VOLUME
TIMBUNAN
(m³)

1829.7

1697

1053.3

VOLUME
GALIAN
(m³)

2552.0

4534.4

8234.4

12000.1

18714.8

21065.1

HORIZONTAL
ALIGNMENT

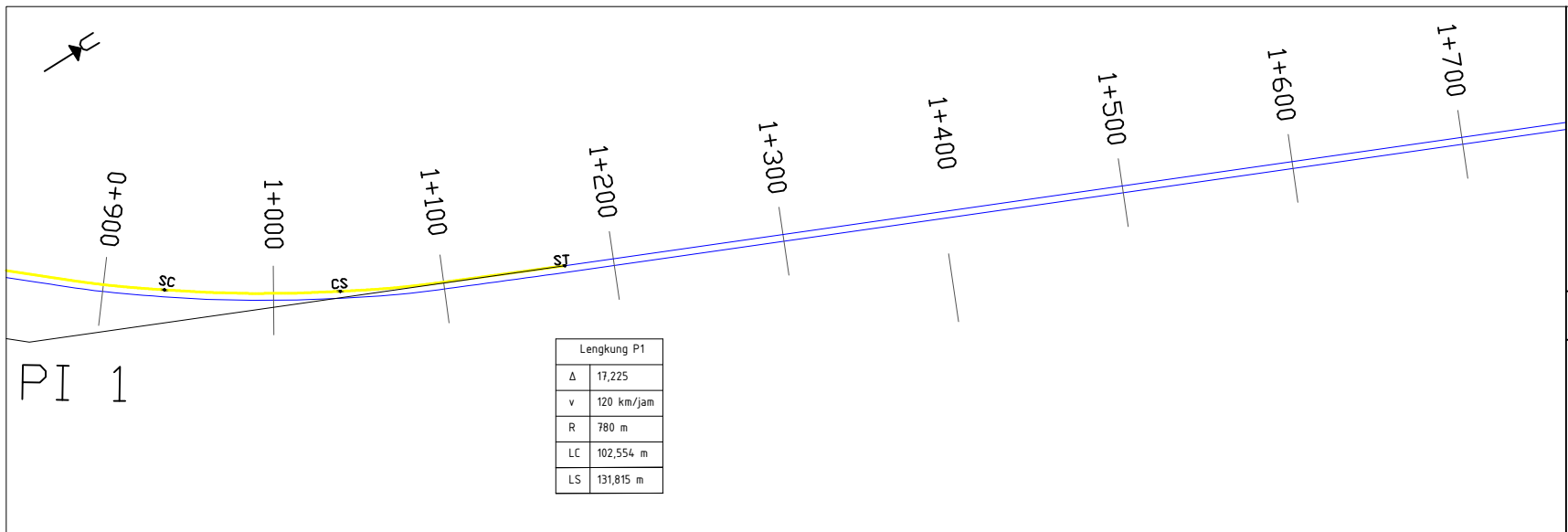
L = 800

VERTICAL
ALIGNMENT

L = 600

LVC = 80
R = 8000

L = 161



Departemen
Teknik Sipil
FTSLK – ITS

Judul Tugas

Perancangan
Geometri Jalan Rel
Kamal–Pelabuhan
Tanjung Bulupandan
Di Madura

Nama Gambar

General Situasi dan
Potongan Memanjang

Skala

1 : 400

Ukuran

m

No
Gambar

4

Jumlah
Gambar

85

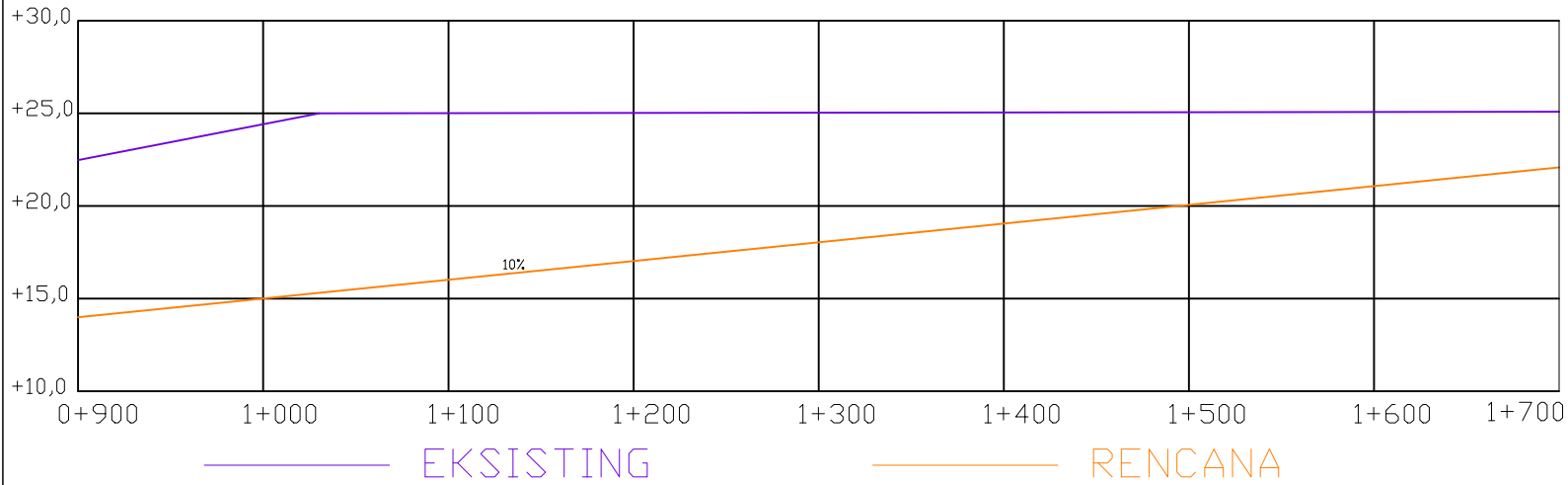
Dosen Pembimbing

Ir. Wahyu Herijanto, MT.
Budi Rahardjo, ST. MT.

Nama & NRP Mahasiswa

MUHAMMAD ZAINAL MUTTAQIN
03111440000146

PROFIL



VOLUME
TIMBUNAN
(m3)

VOLUME
GALIAN
(m3)

HORIZONTAL
ALIGNMENT

VERTICAL
ALIGNMENT

28142.1

29774.0

28780.1

22665.5

20231.1

15698.5

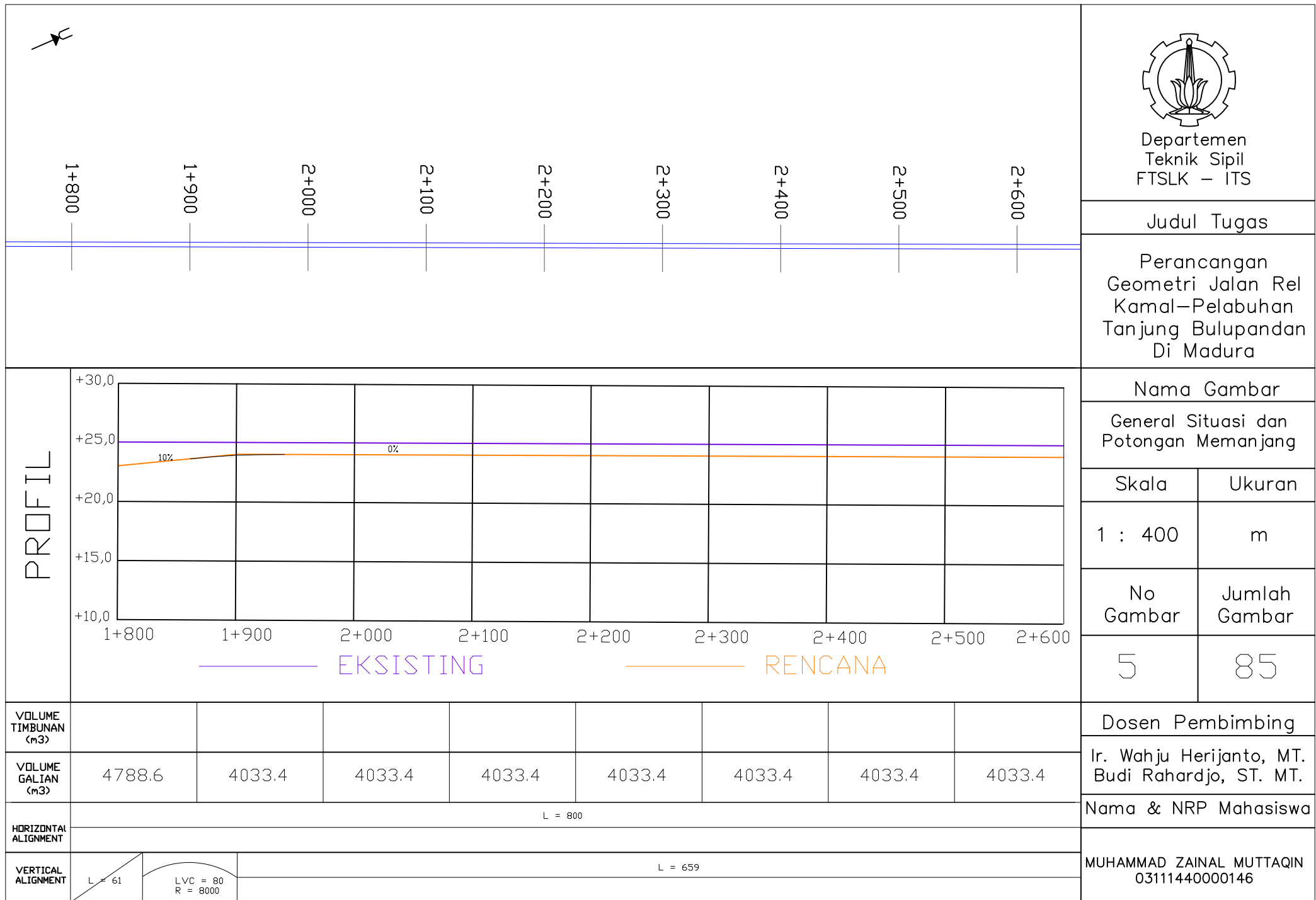
13600.2

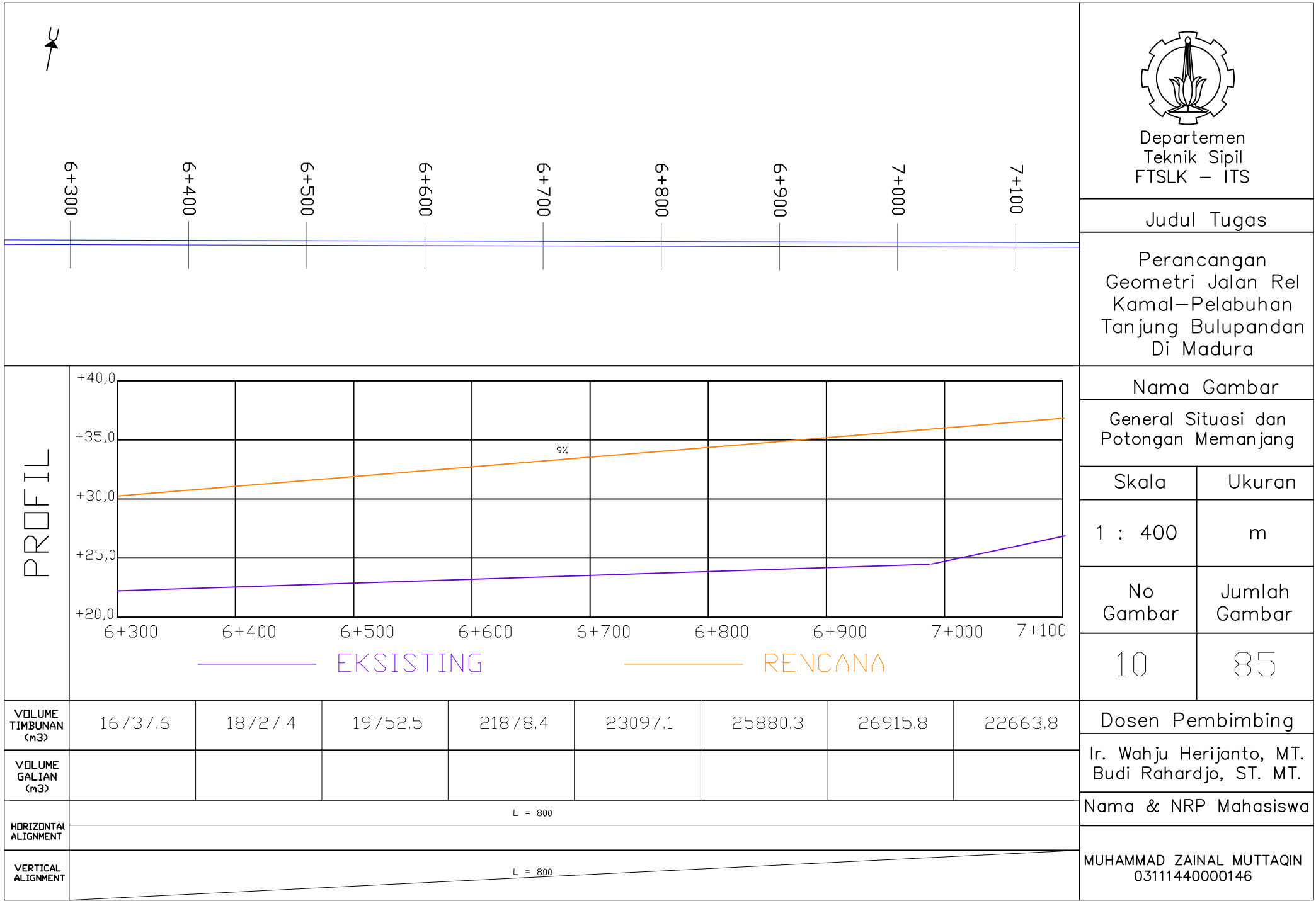
9736.5

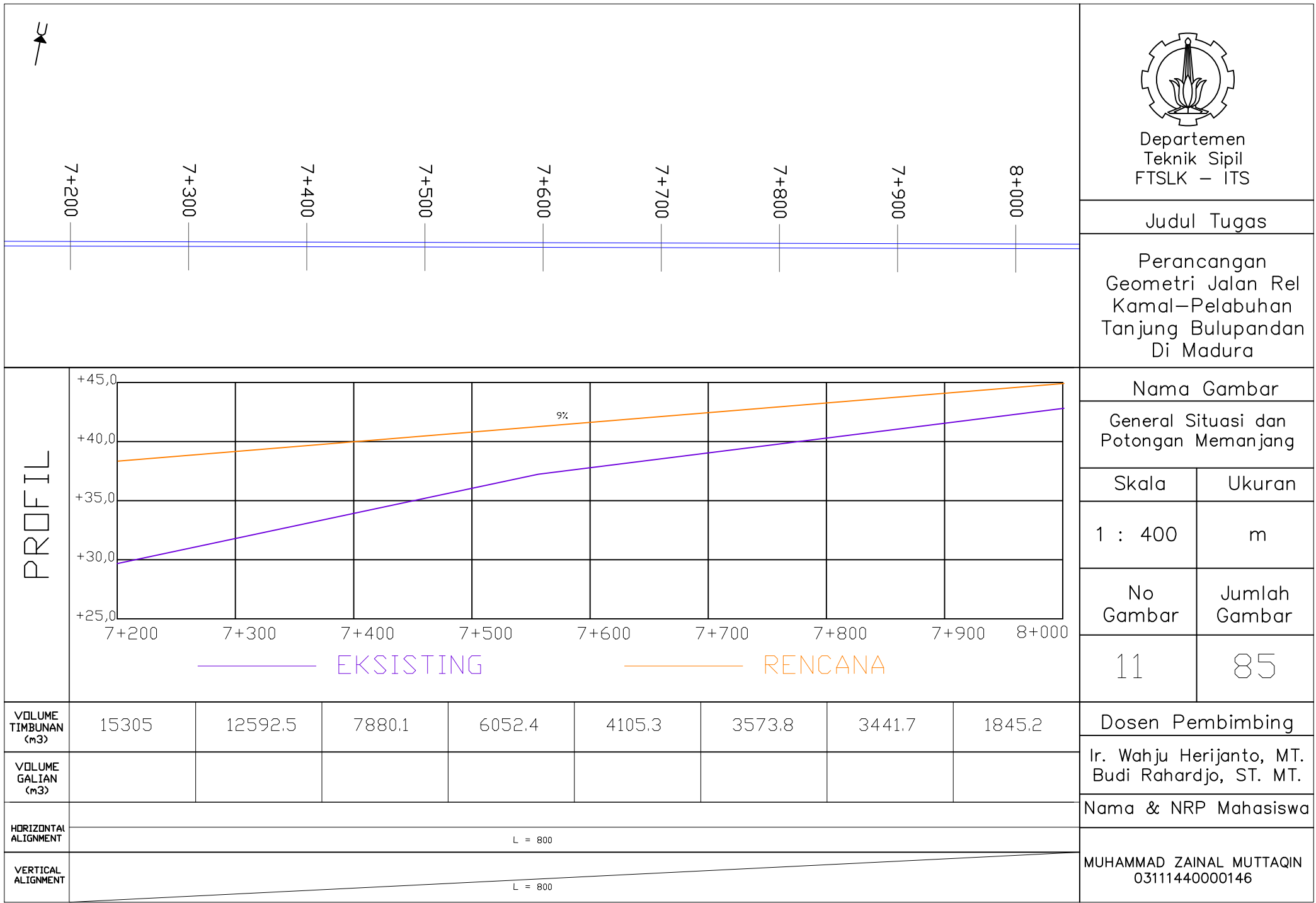
LHC = 327.8

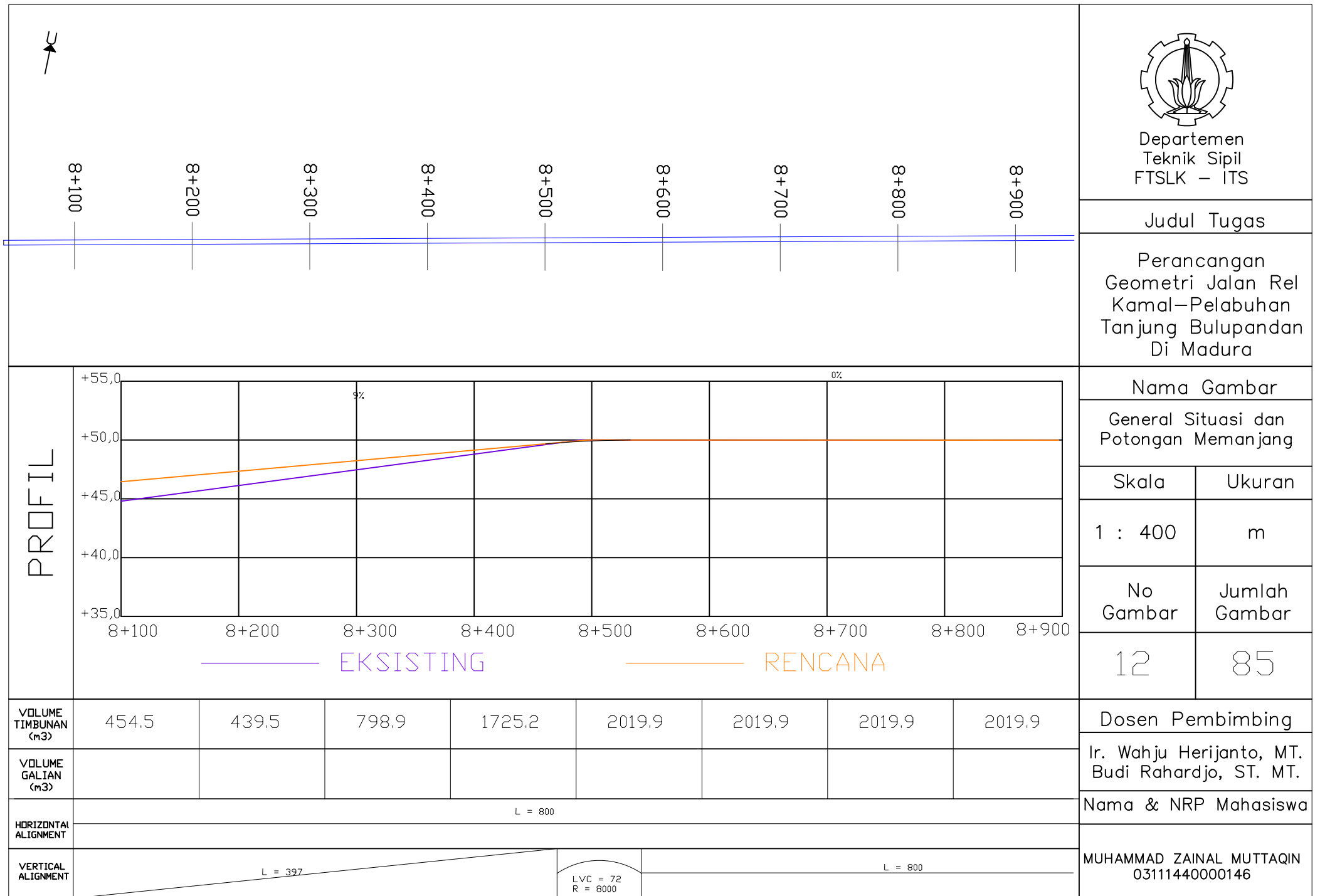
L = 528

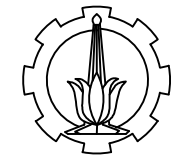
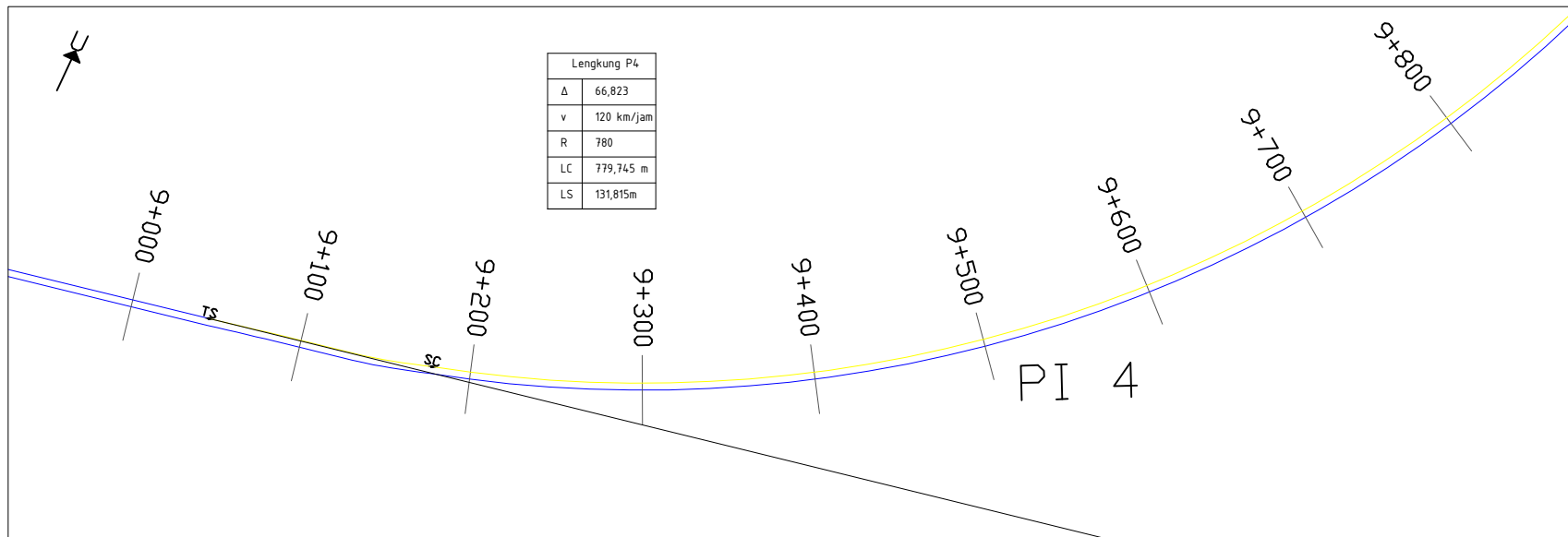
L = 804.075











Judul Tugas

Perancangan
Geometri Jalan Rel
Kamal–Pelabuhan
Tanjung Bulupandan
Di Madura

Nama Gambar

General Situasi dan Potongan Memanjang

Skala

Ukuran

1 : 400

m

No
Gambar

Jumlah
Gambar

13

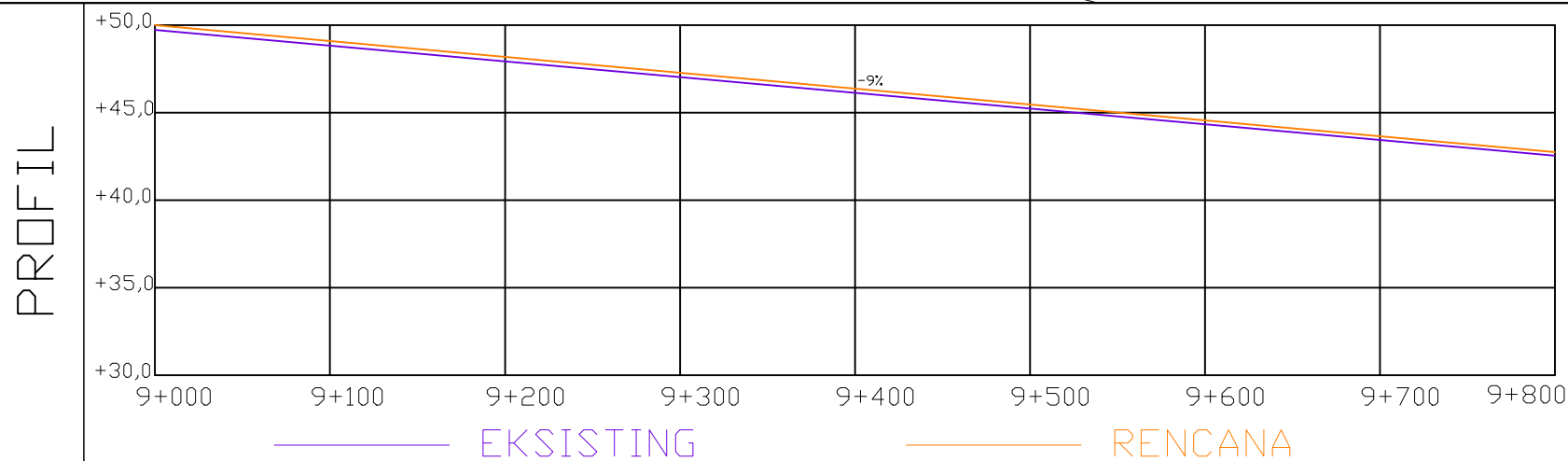
85

Dosen Pembimbing

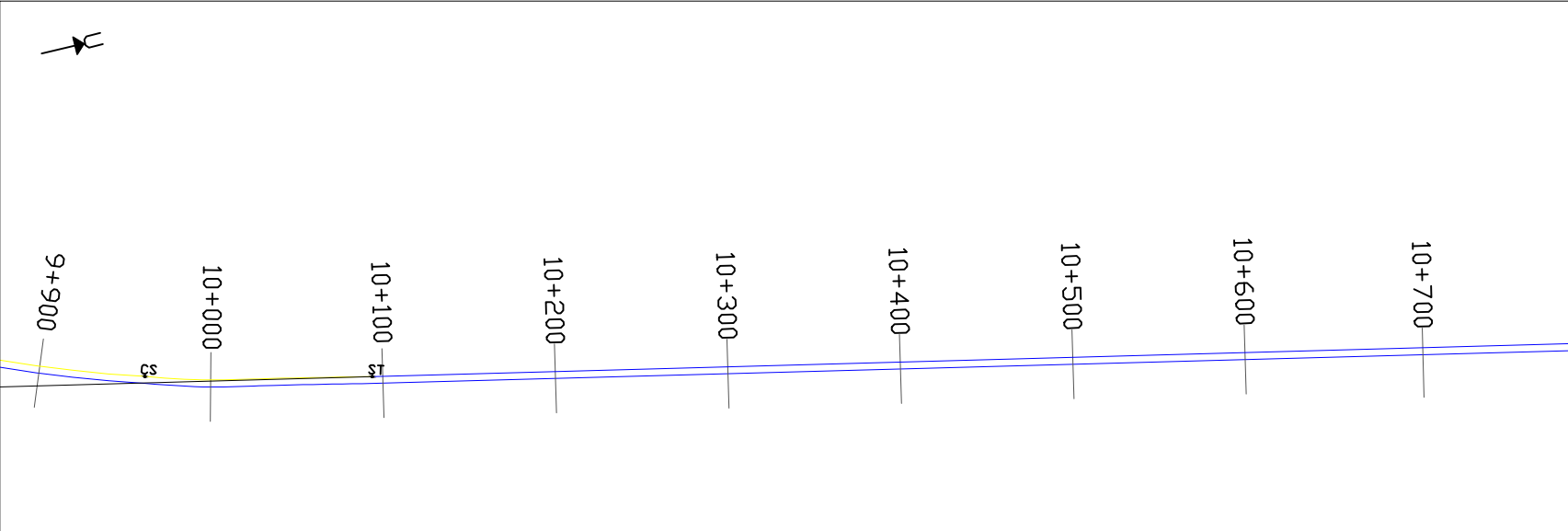
Ir. Wahyu Herijanto, MT.
Budi Rahardjo, ST. MT.

Nama & NRP Mahasiswa

MUHAMMAD ZAINAL MUTTAQIN 03111440000146
--



VOLUME TIMBUNAN (m3)	1135.6	1135.6	1135.6	1135.6	1135.6	1135.6	1135.6	1135.6
VOLUME GALIAN (m3)								
HORIZONTAL ALIGNMENT	L = 45	LHC = 844						
VERTICAL ALIGNMENT	L = 803							



Departemen
Teknik Sipil
FTSLK – ITS

Judul Tugas

Perancangan
Geometri Jalan Rel
Kamal–Pelabuhan
Tanjung Bulupandan
Di Madura

Nama Gambar

General Situasi dan
Potongan Memanjang

Skala Ukuran

1 : 400 m

No
Gambar Jumlah
Gambar

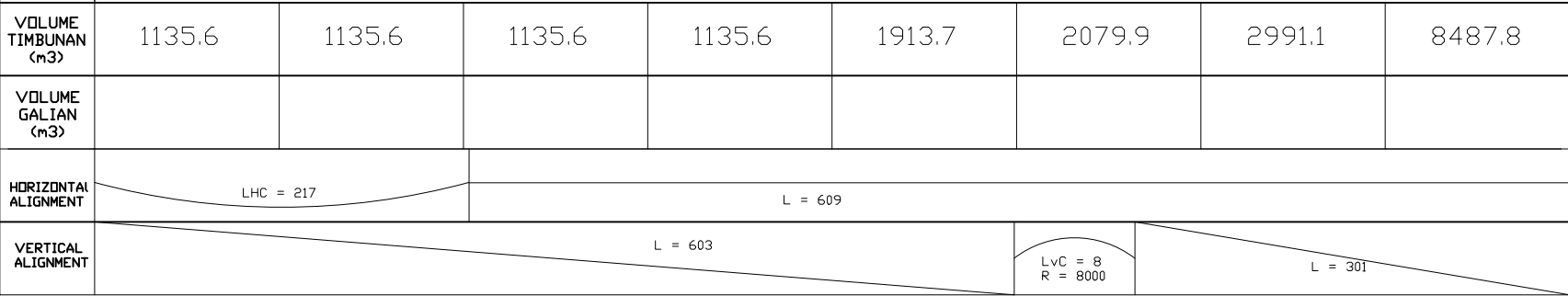
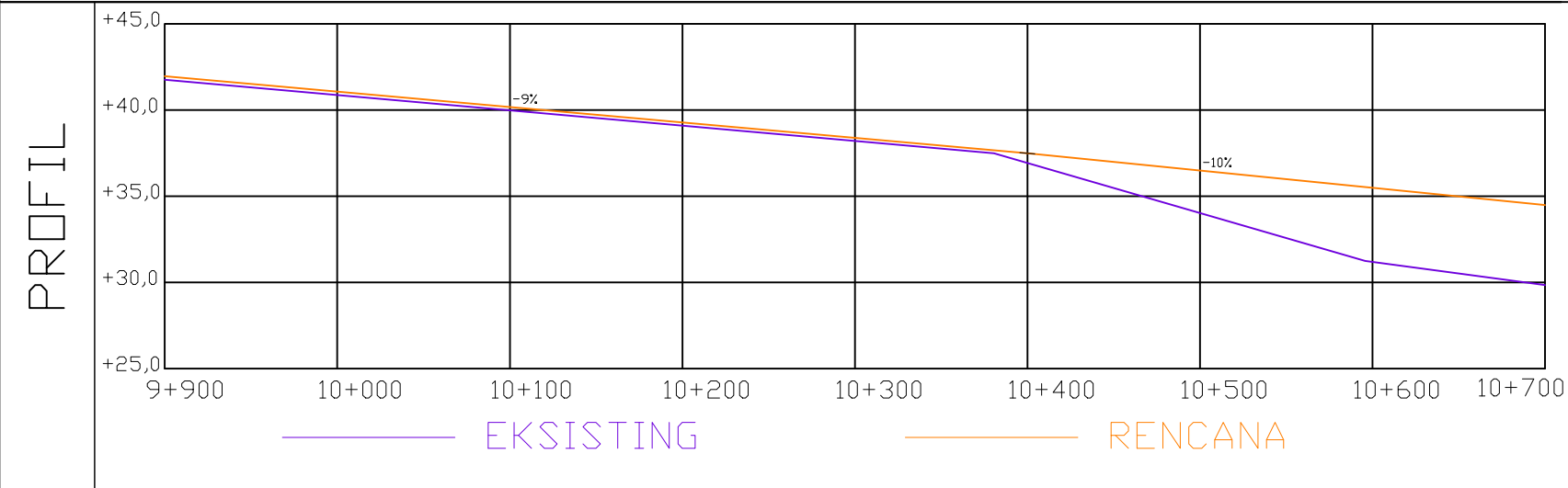
14 85

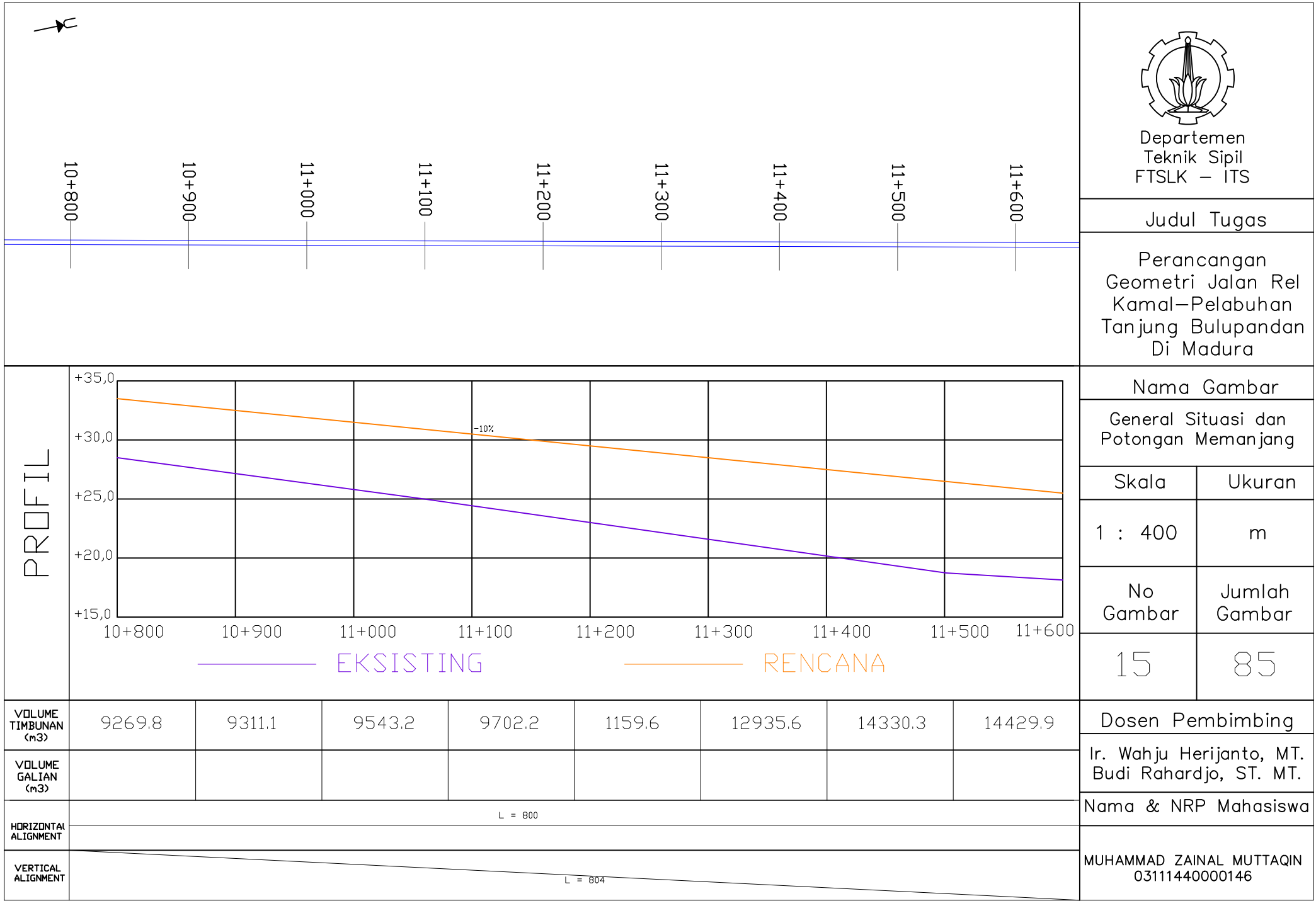
Dosen Pembimbing

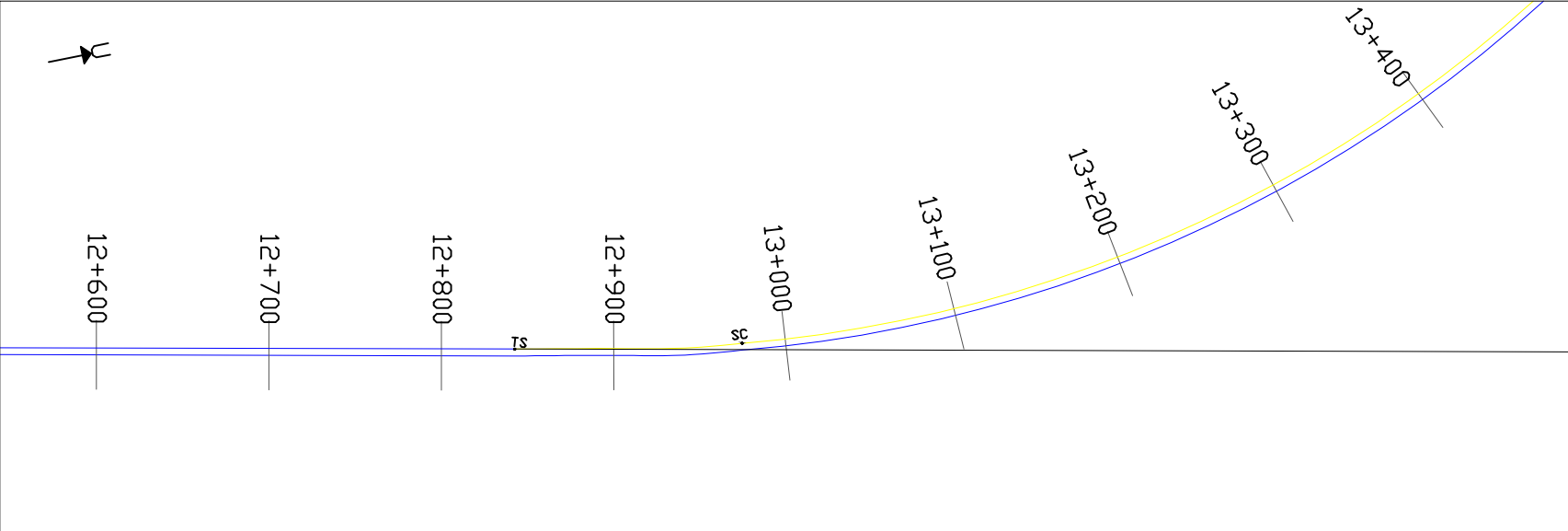
Ir. Wahyu Herijanto, MT.
Budi Rahardjo, ST. MT.

Nama & NRP Mahasiswa

MUHAMMAD ZAINAL MUTTAQIN
03111440000146







Departemen
Teknik Sipil
FTSLK – ITS

Judul Tugas

Perancangan
Geometri Jalan Rel
Kamal–Pelabuhan
Tanjung Bulupandan
Di Madura

Nama Gambar

General Situasi dan
Potongan Memanjang

Skala

Ukuran

1 : 400

m

No
Gambar

Jumlah
Gambar

17

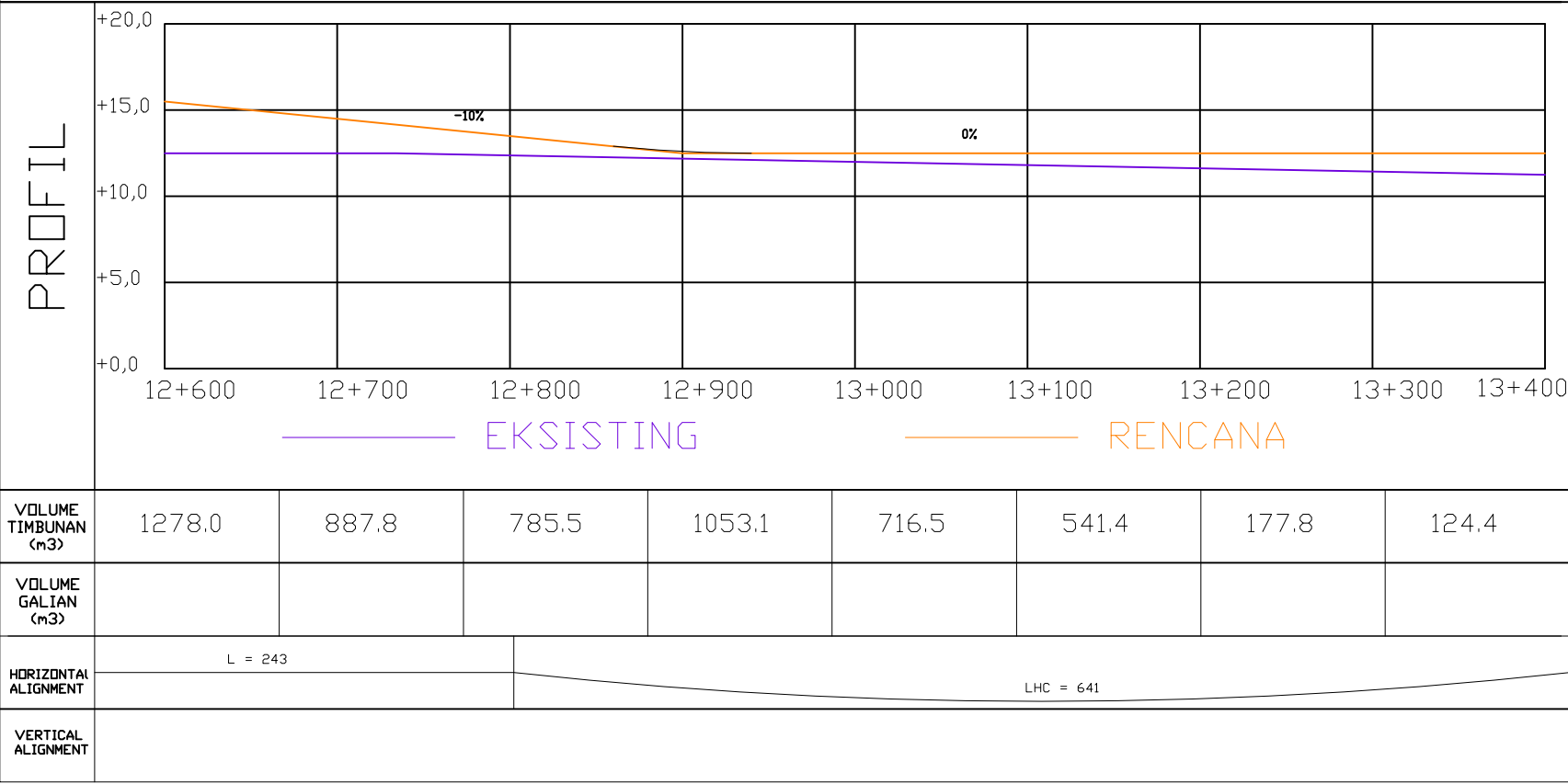
85

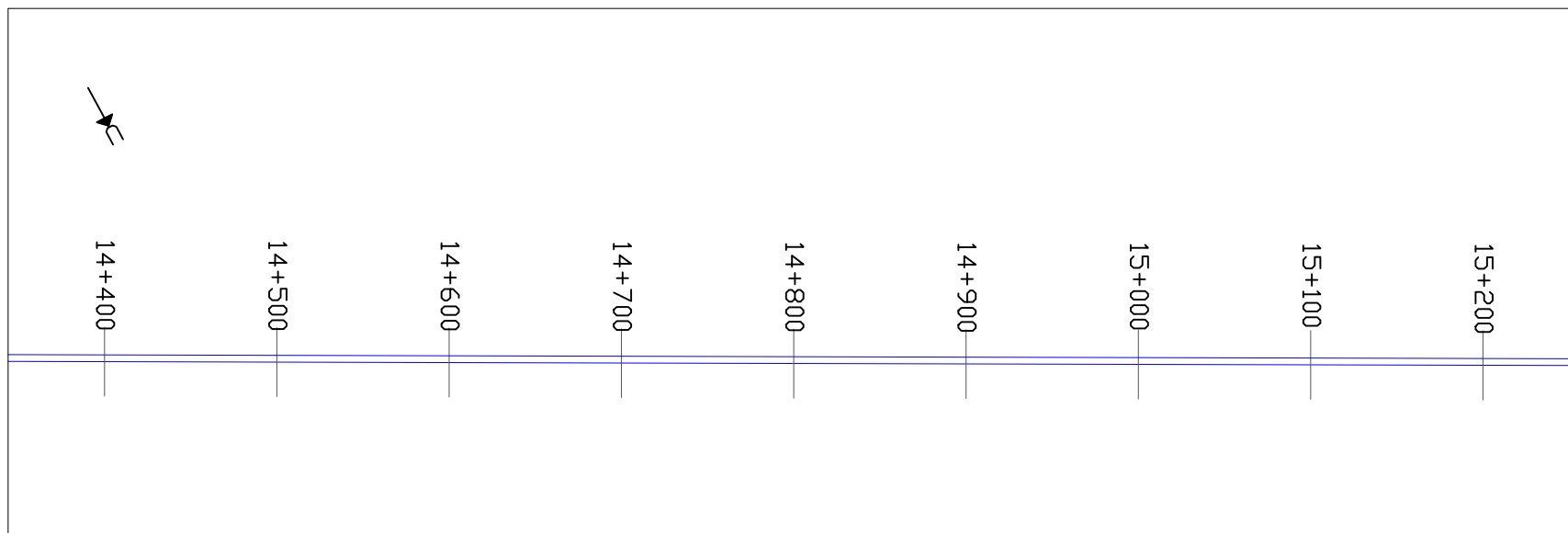
Dosen Pembimbing

Ir. Wahyu Herijanto, MT.
Budi Rahardjo, ST. MT.

Nama & NRP Mahasiswa

MUHAMMAD ZAINAL MUTTAQIN
03111440000146





Departemen
Teknik Sipil
FTSLK – ITS

Judul Tugas

Perancangan
Geometri Jalan Rel
Kamal–Pelabuhan
Tanjung Bulupandan
Di Madura

Nama Gambar

General Situasi dan Potongan Memanjang

Skala

Ukuran

1 : 400

m

No
Gambar

Jumlah
Gambar

19

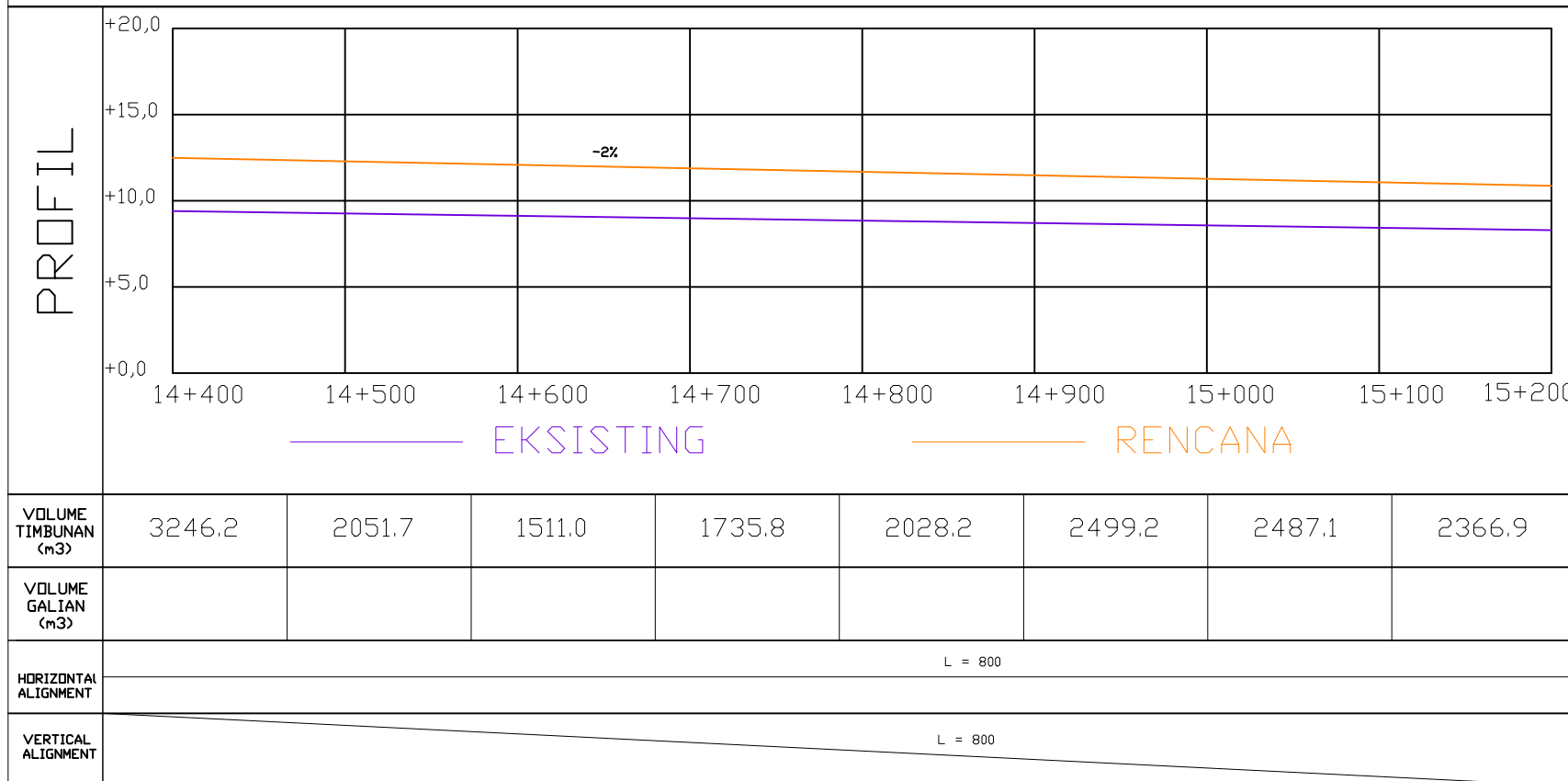
85

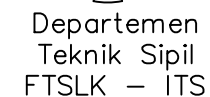
Dosen Pembimbing

Ir. Wahyu Herijanto, MT.
Budi Rahardjo, ST. MT.

Nama & NRP Mahasiswa

MUHAMMAD ZAINAL MUTTAQIN
03111440000146





Departemen
Teknik Sipil
FTSLK – ITS

Judul Tugas

Perancangan
Geometri Jalan Rel
Kamal–Pelabuhan
Tanjung Bulupandan
Di Madura

Nama Gambar

General Situasi dan Potongan Memanjang

Skala

Ukuran

1 : 400

m

No
Gambar

Jumlah
Gambar

20

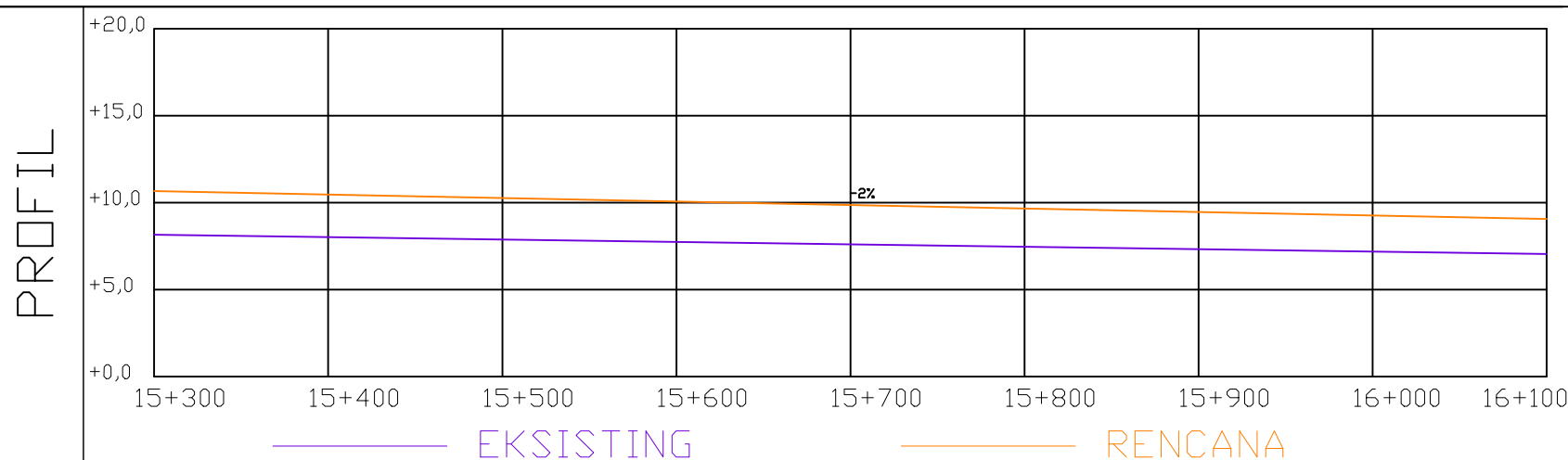
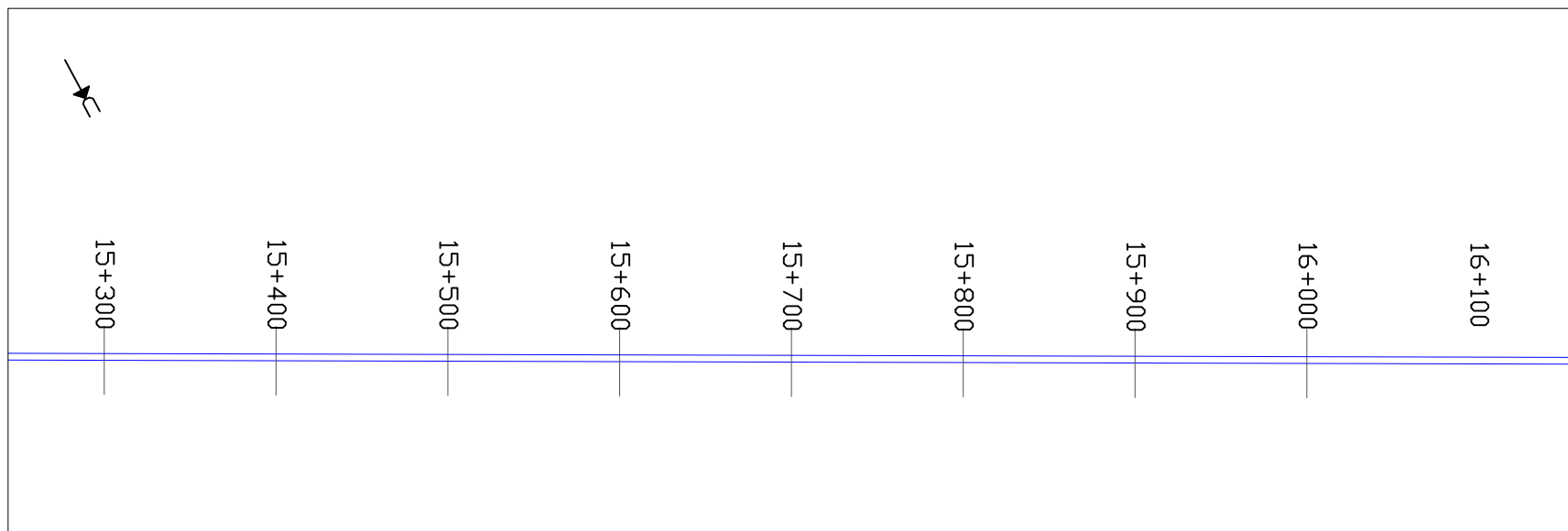
85

Dosen Pembimbing

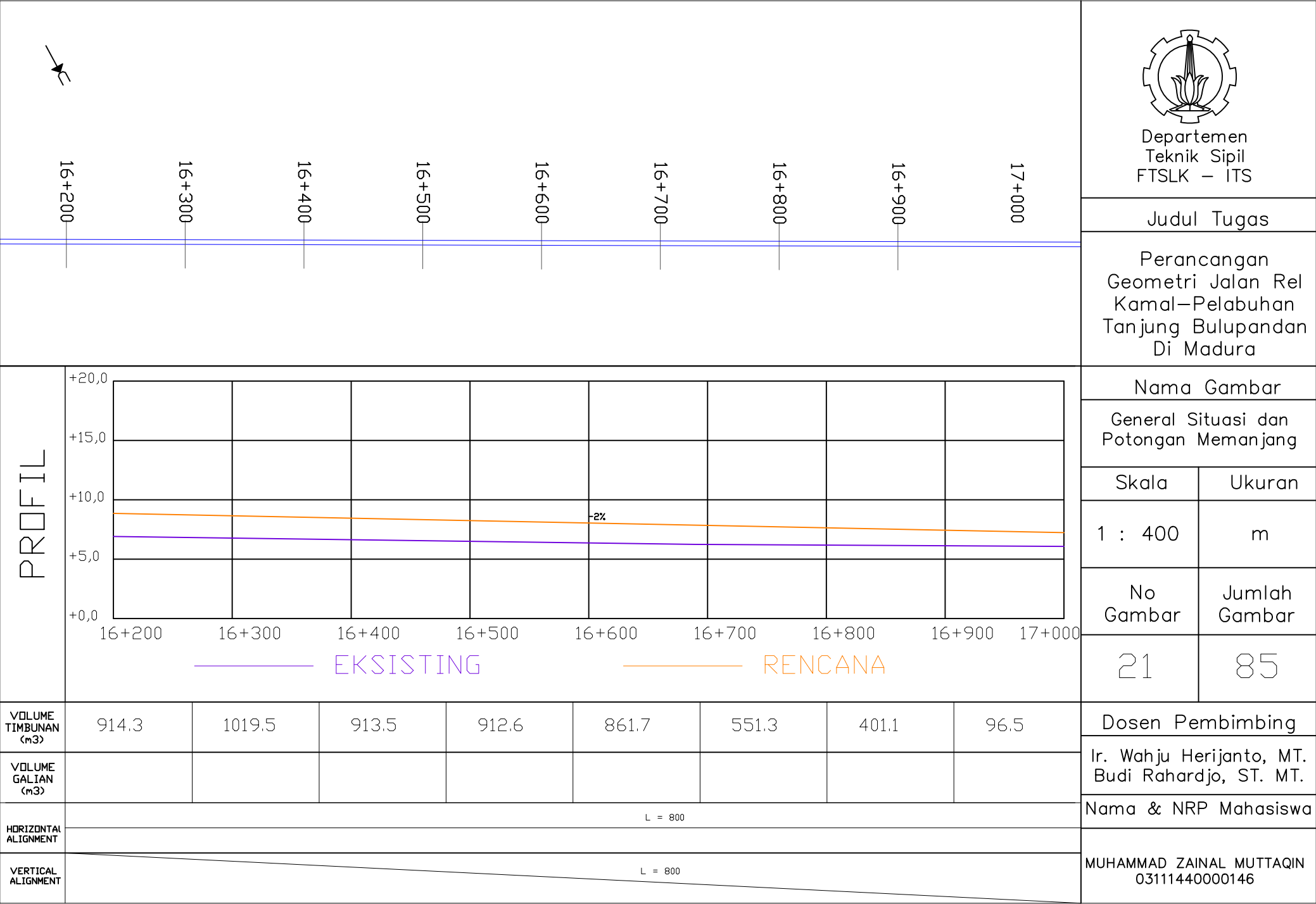
Ir. Wahyu Herijanto, MT.
Budi Rahardjo, ST. MT.

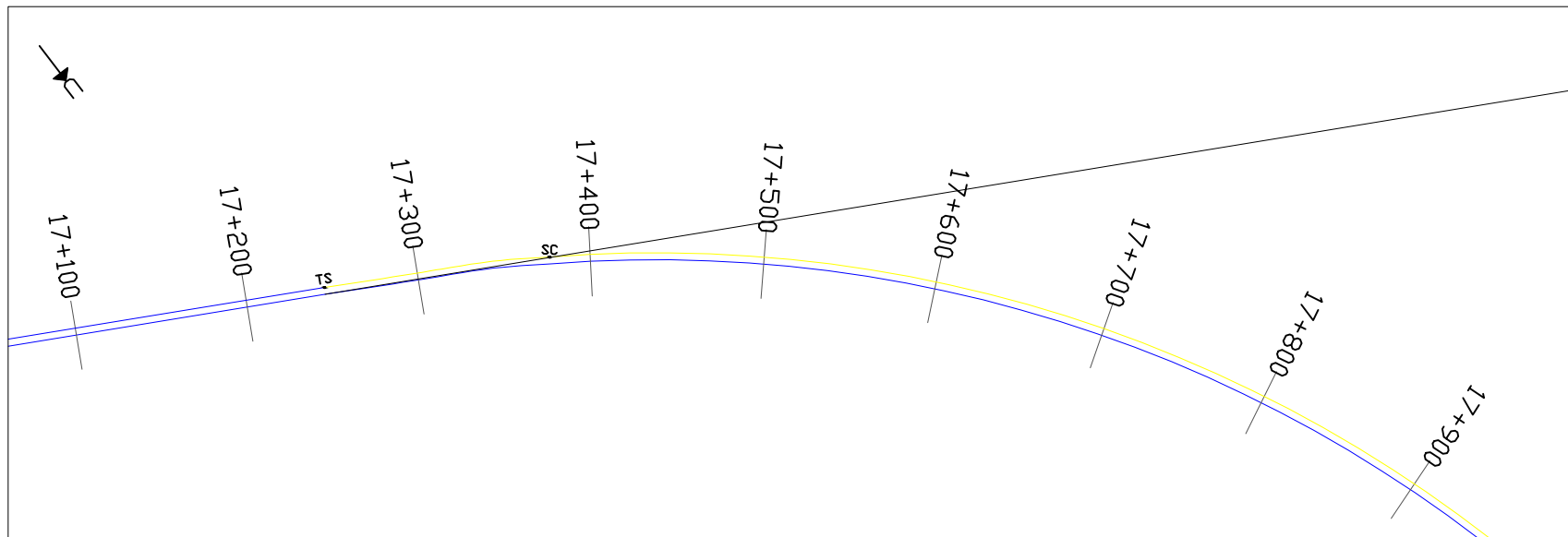
Nama & NRP Mahasiswa

MUHAMMAD ZAINAL MUTTAQIN
03111440000146



VOLUME TIMBUNAN (m3)	1989,2	1930,7	1850,3	1838,5	1736,7	1622,3	1510,4	1399,3
VOLUME GALIAN (m3)								
HORIZONTAL ALIGNMENT	L = 800							
VERTICAL ALIGNMENT	L = 800							





Departemen
Teknik Sipil
FTSLK – ITS

Judul Tugas

Perancangan
Geometri Jalan Rel
Kamal–Pelabuhan
Tanjung Bulupandan
Di Madura

Nama Gambar

General Situasi dan Potongan Memanjang

Skala

Ukuran

1 : 400

m

No
Gambar

Jumlah
Gambar

22

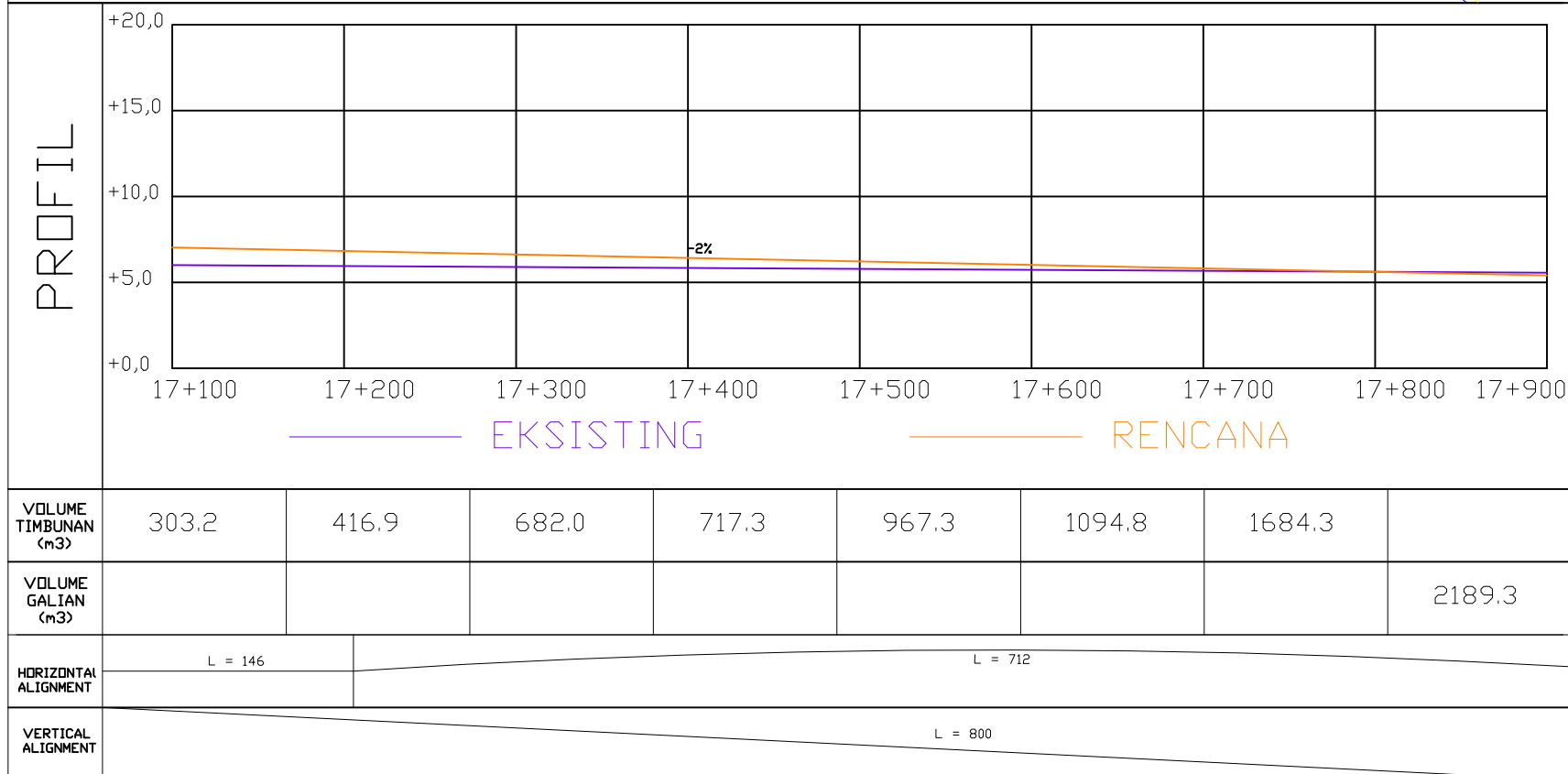
85

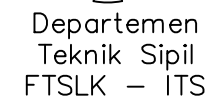
Dosen Pembimbing

Ir. Wahyu Herijanto, MT.
Budi Rahardjo, ST. MT.

Nama & NRP Mahasiswa

MUHAMMAD ZAINAL MUTTAQIN 03111440000146
--





Departemen
Teknik Sipil
FTSLK – ITS

Judul Tugas

Perancangan
Geometri Jalan Rel
Kamal–Pelabuhan
Tanjung Bulupandan
Di Madura

Nama Gambar

General Situasi dan Potongan Memanjang

Skala

Ukuran

1 : 400

m

No
Gambar

Jumlah
Gambar

25

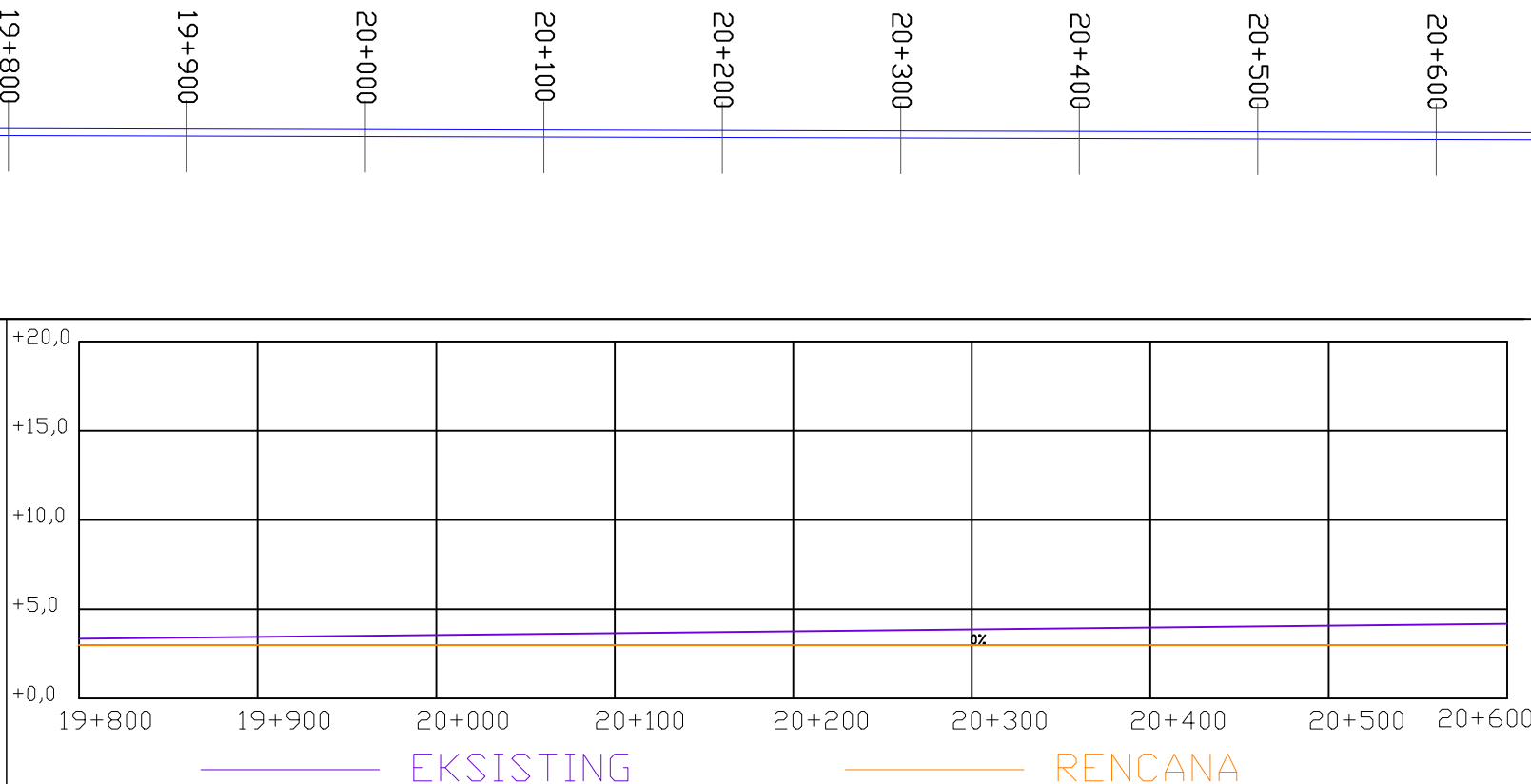
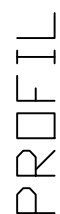
85

Dosen Pembimbing

Ir. Wahyu Herijanto, MT.
Budi Rahardjo, ST. MT.

Nama & NRP Mahasiswa

MUHAMMAD ZAINAL MUTTAQIN
03111440000146



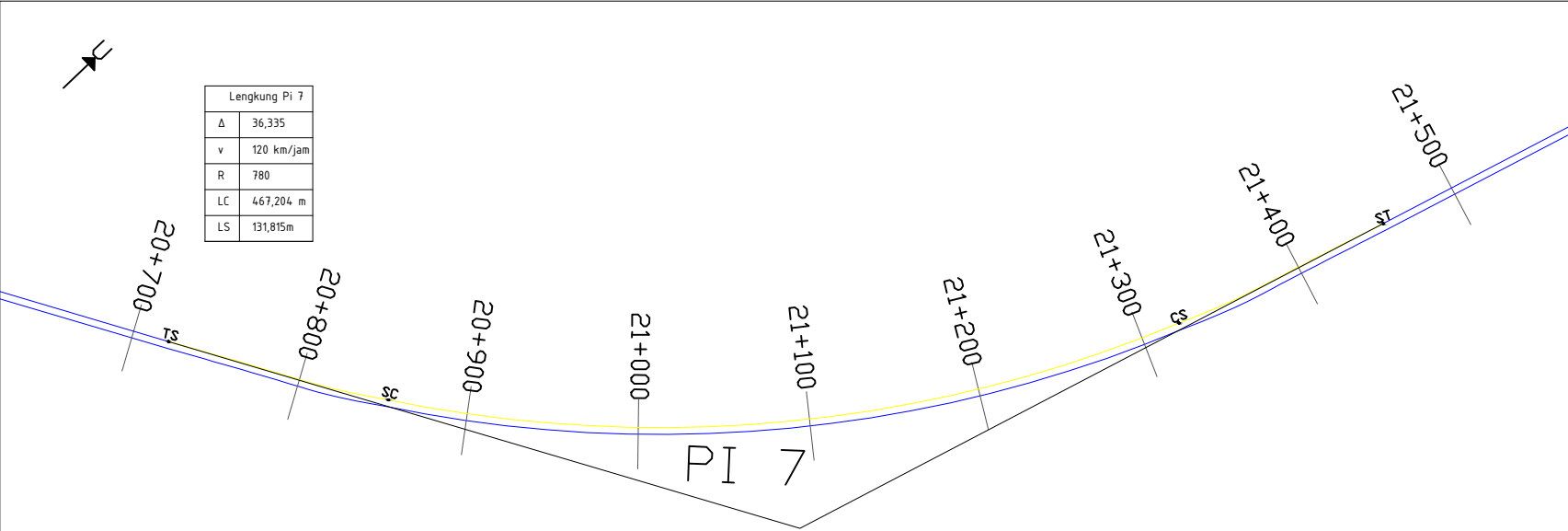
VOLUME
TIMBUNAN
(m3)

VOLUME
GALIAN
(m3)

**HORIZONTAL
ALIGNMENT**

VERTICAL
ALIGNMENT

$$L = 800$$
$$L = 800$$



Departemen
Teknik Sipil
FTSLK – ITS

Judul Tugas

Perancangan
Geometri Jalan Rel
Kamal–Pelabuhan
Tanjung Bulupandan
Di Madura

Nama Gambar

General Situasi dan
Potongan Memanjang

Skala Ukuran

1 : 400 m

No
Gambar Jumlah
Gambar

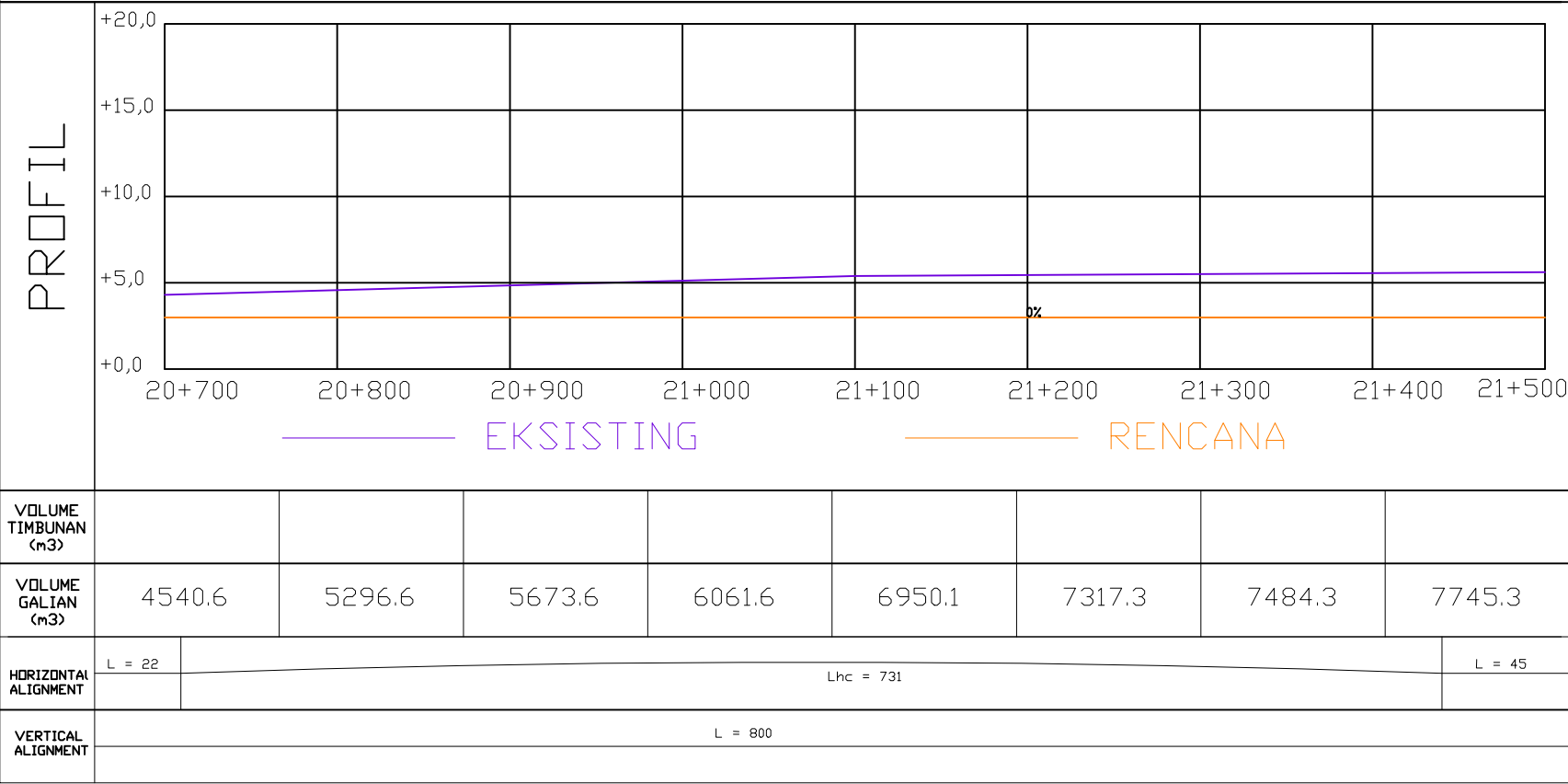
26 85

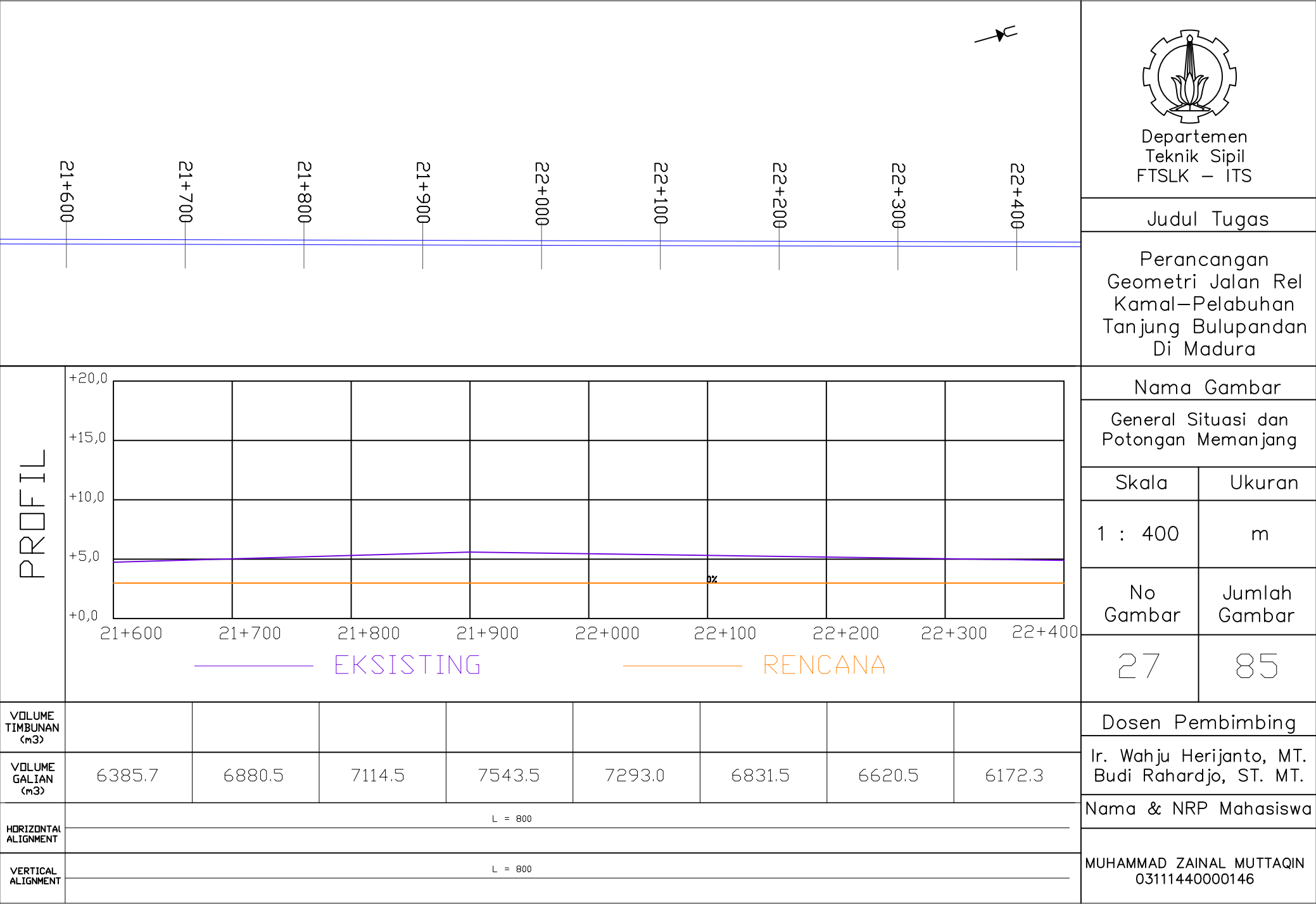
Dosen Pembimbing

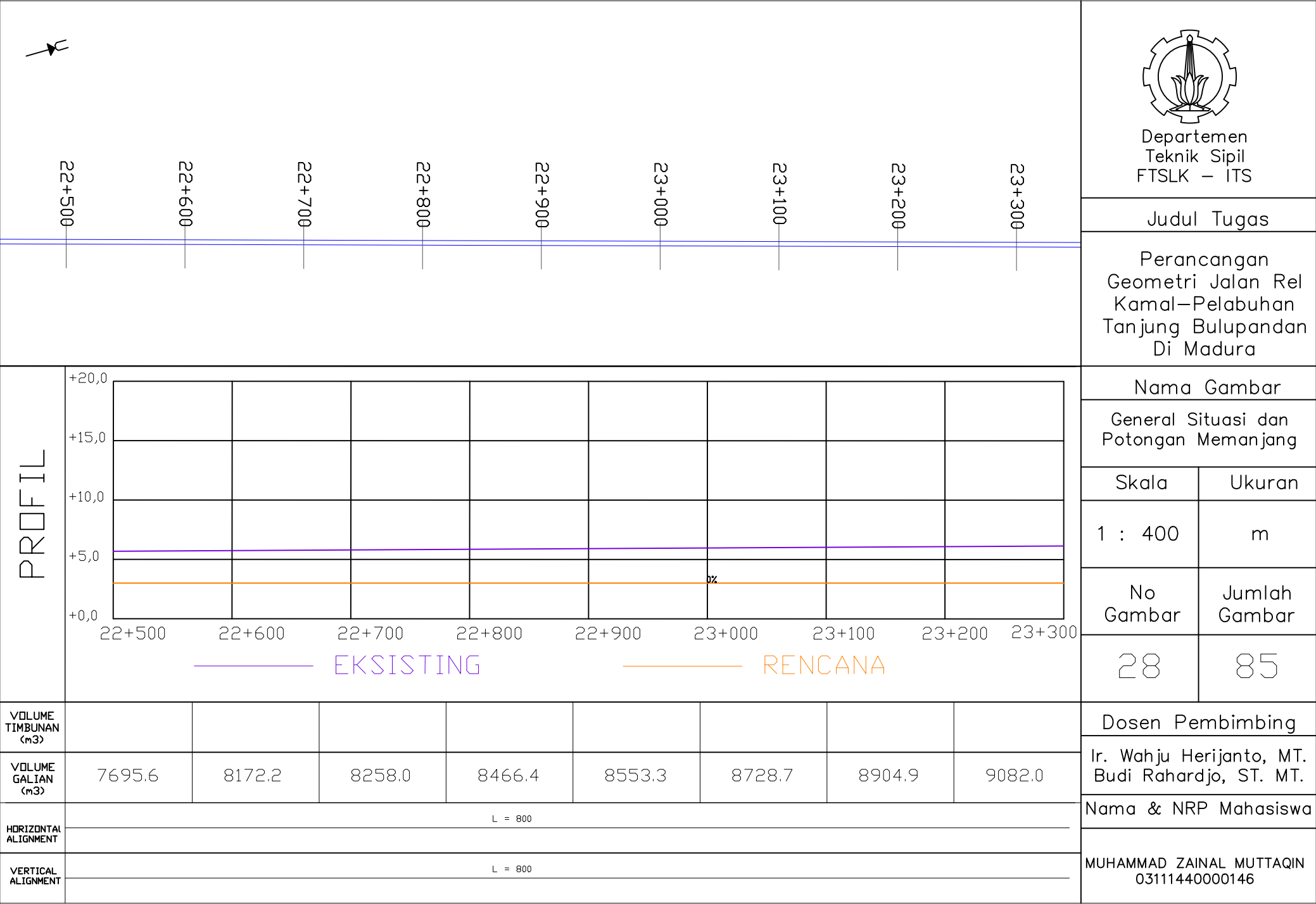
Ir. Wahyu Herijanto, MT.
Budi Rahardjo, ST. MT.

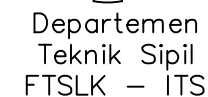
Nama & NRP Mahasiswa

MUHAMMAD ZAINAL MUTTAQIN
03111440000146









Departemen
Teknik Sipil
FTSLK – ITS

Judul Tugas

Perancangan
Geometri Jalan Rel
Kamal–Pelabuhan
Tanjung Bulupandan
Di Madura

Nama Gambar

General Situasi dan Potongan Memanjang

Skala

Ukuran

1 : 400

m

No
Gambar

Jumlah
Gambar

29

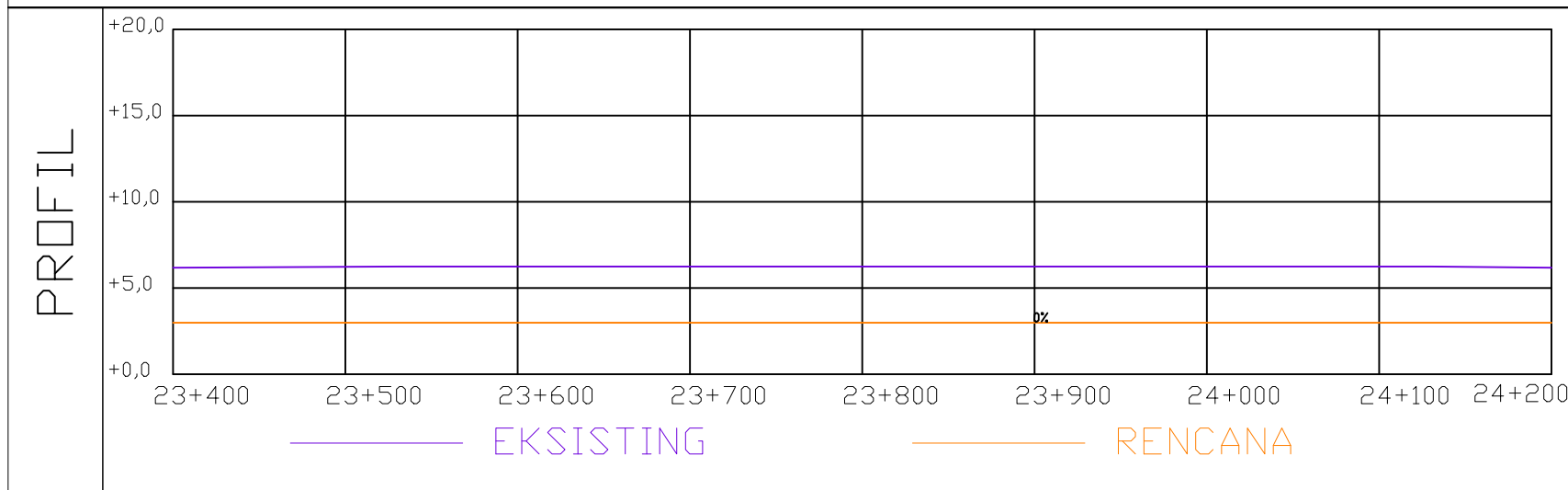
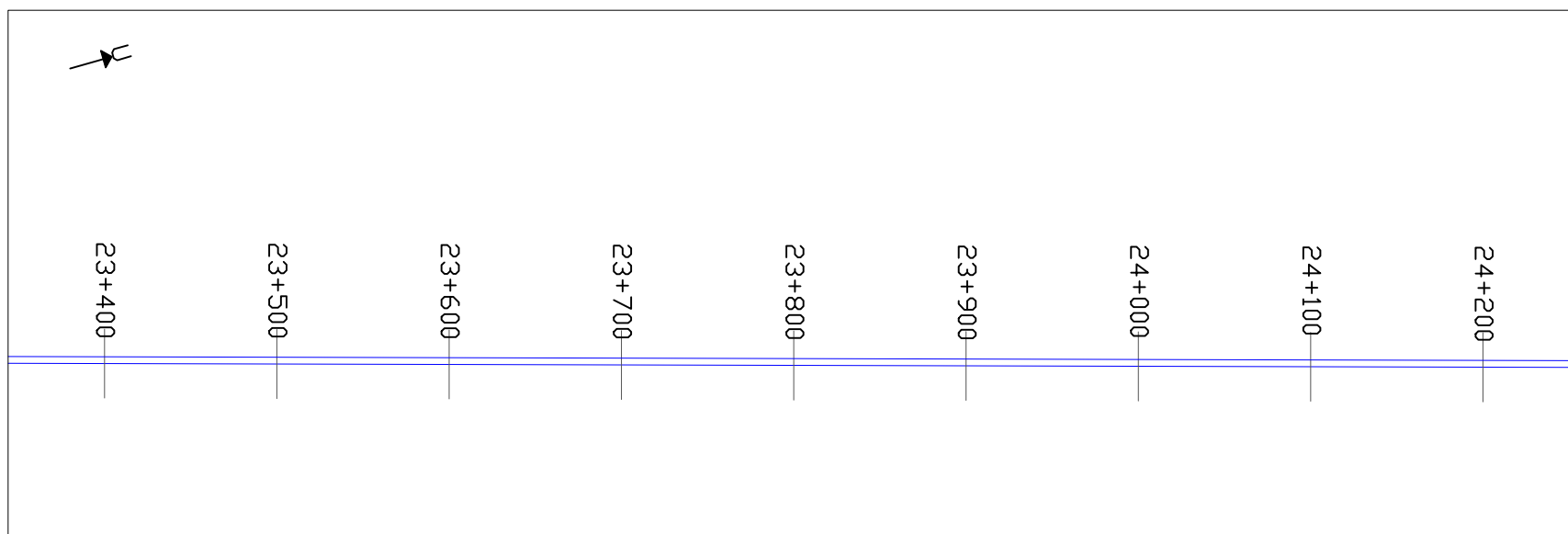
85

Dosen Pembimbing

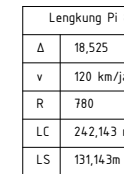
Ir. Wahyu Herijanto, MT.
Budi Rahardjo, ST. MT.

Nama & NRP Mahasiswa

MUHAMMAD ZAINAL MUTTAQIN
03111440000146



VOLUME TIMBUNAN (m3)								
VOLUME GALIAN (m3)	9171.4	9440.1	9485.1	9485.1	9485.1	9485.1	9485.1	9485.1
HORIZONTAL ALIGNMENT	L = 800							
VERTICAL ALIGNMENT	L = 800							



Departemen
Teknik Sipil
FTSLK – ITS

Judul Tugas

Perancangan
Geometri Jalan Rel
Kamal–Pelabuhan
Tanjung Bulupandan
Di Madura

Nama Gambar

General Situasi dan Potongan Memanjang

Skala

Ukuran

1 : 400

m

No
Gambar

Jumlah
Gambar

30

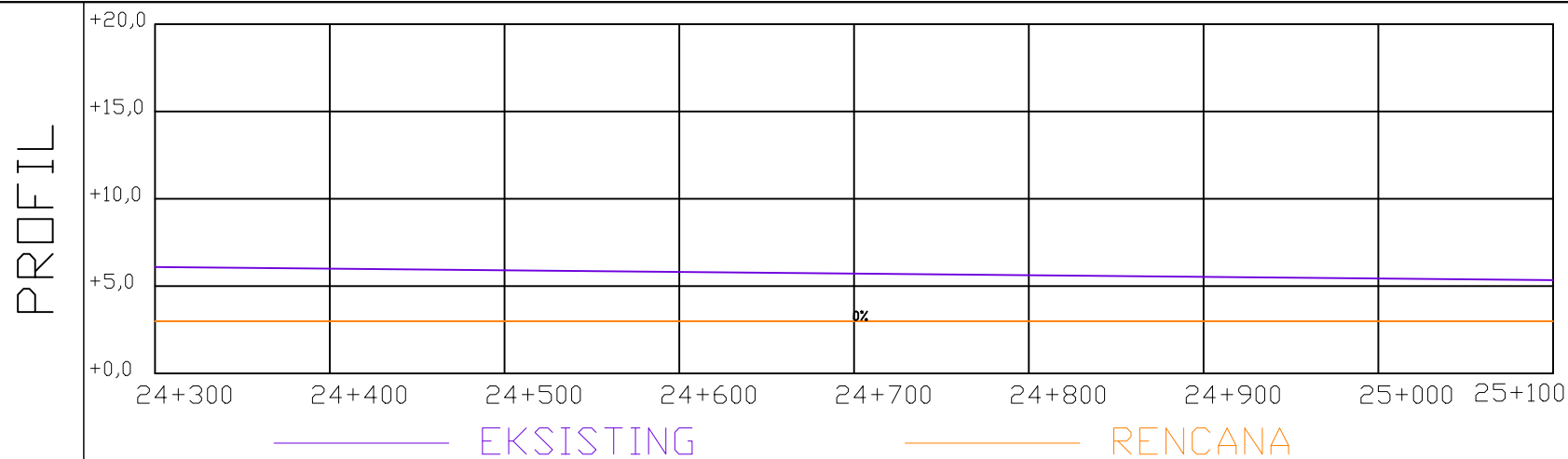
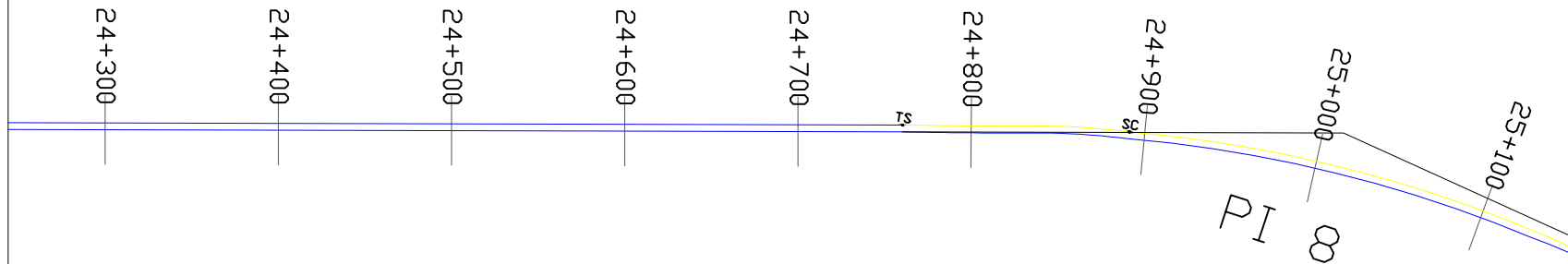
85

Dosen Pembimbing

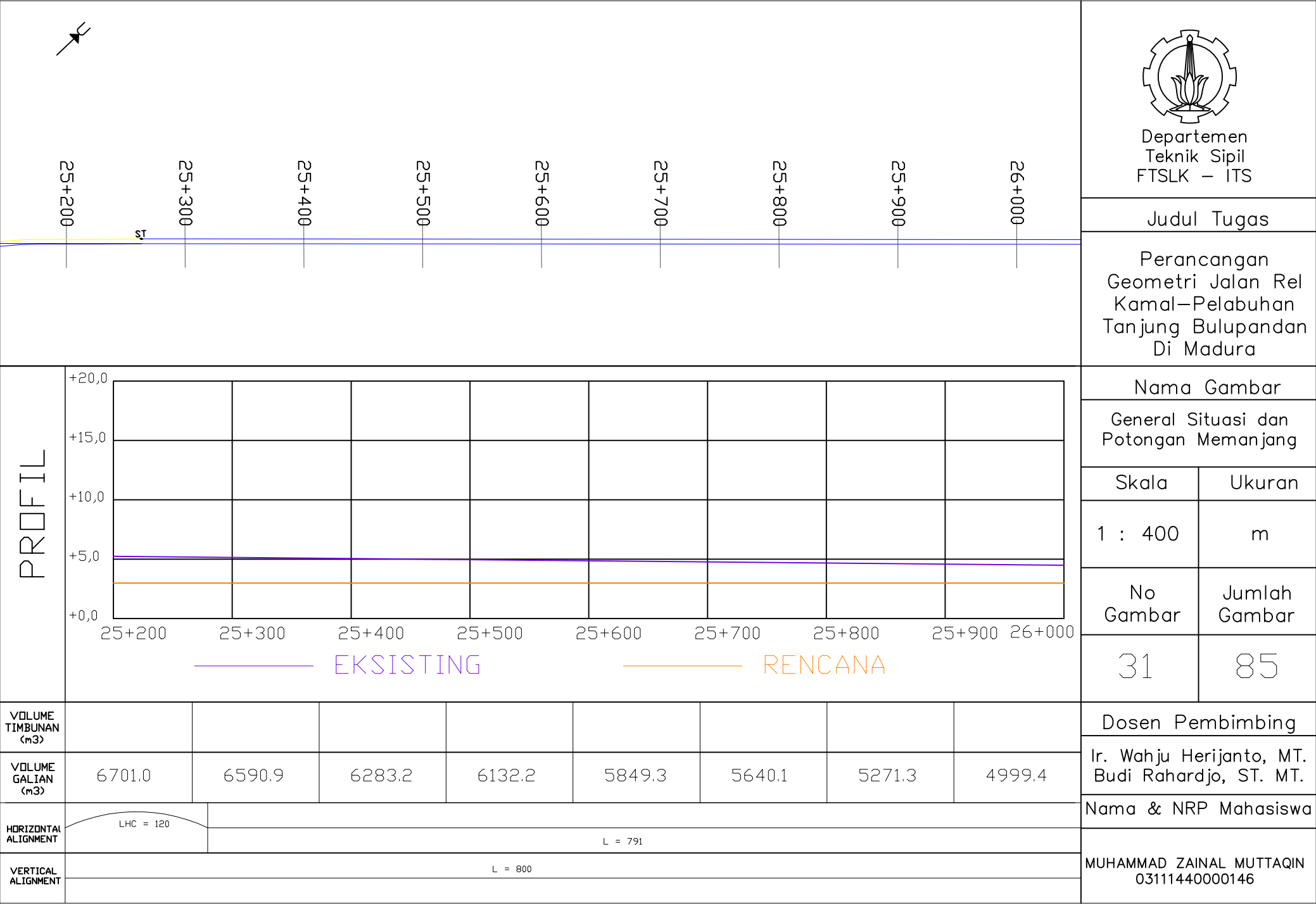
Ir. Wahyu Herijanto, MT.
Budi Rahardjo, ST. MT.

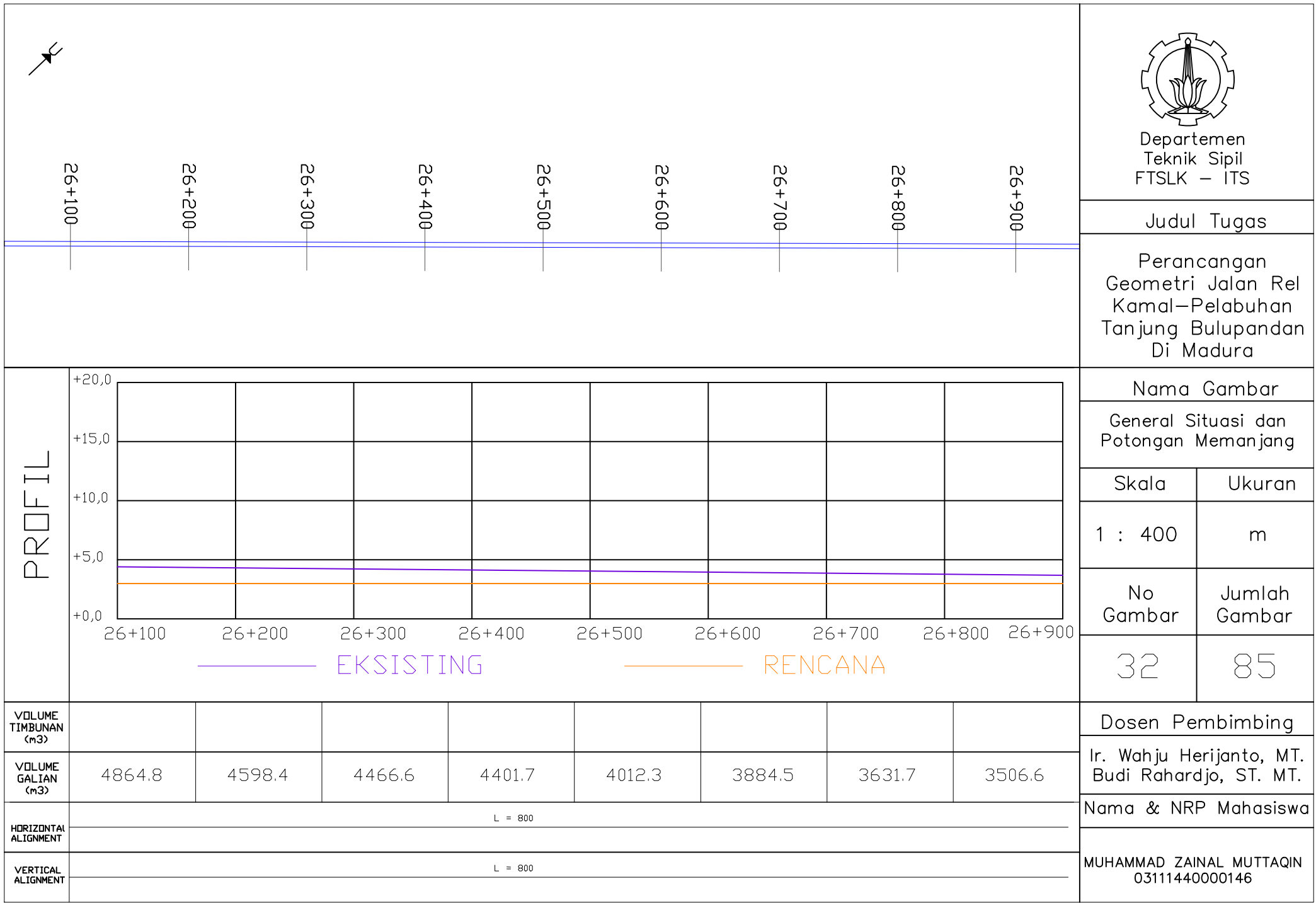
Nama & NRP Mahasiswa


<p>MUHAMMAD ZAINAL MUTTAQIN</p> <p>03111440000146</p>



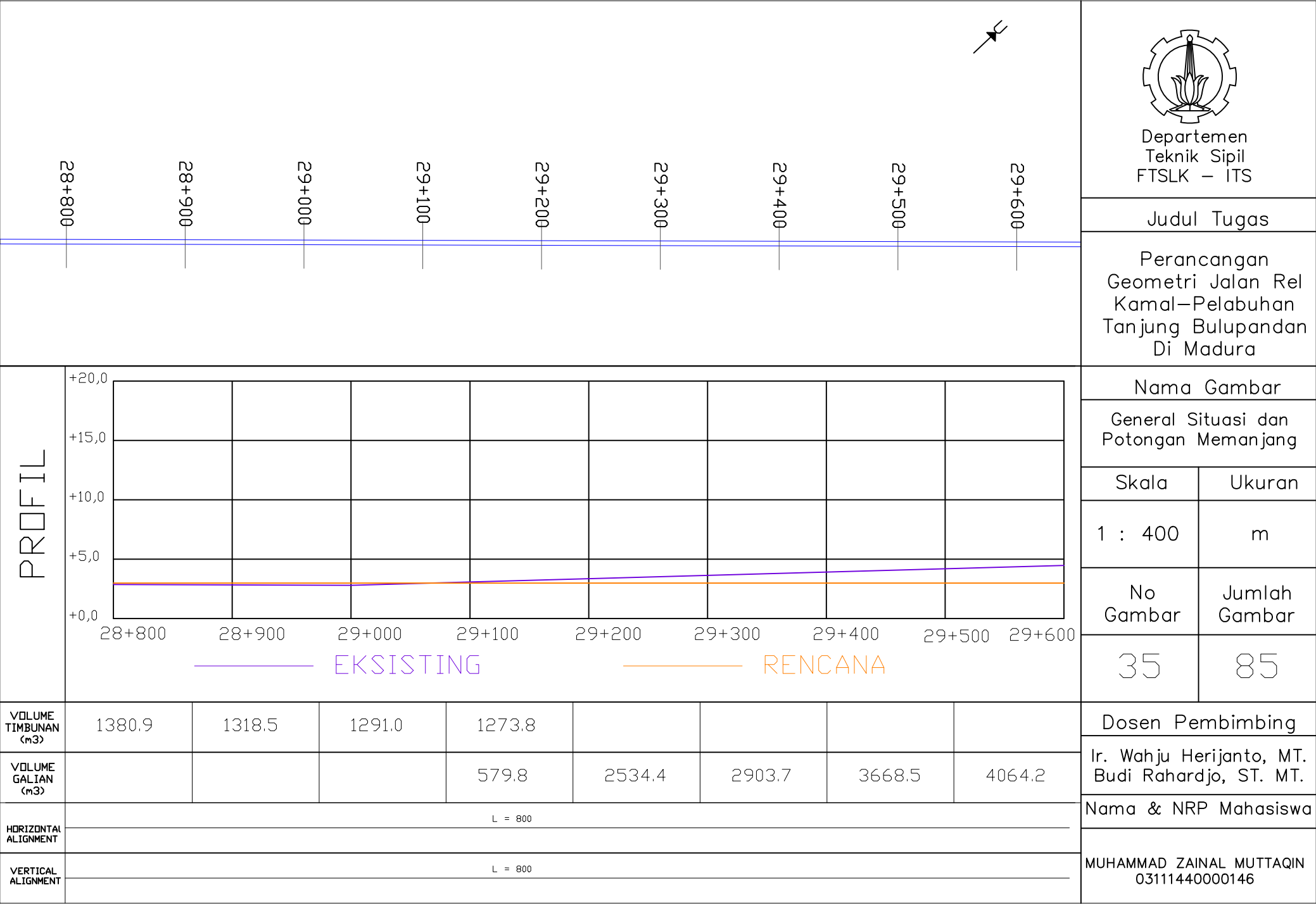
VOLUME TIMBUNAN (m3)								
VOLUME GALIAN (m3)	8720.6	8553.3	8466.4	8120.7	7949.5	7610.5	7442.6	7424.4
HORIZONTAL ALIGNMENT	L = 460				LHC = 405			
VERTICAL ALIGNMENT	L = 800							

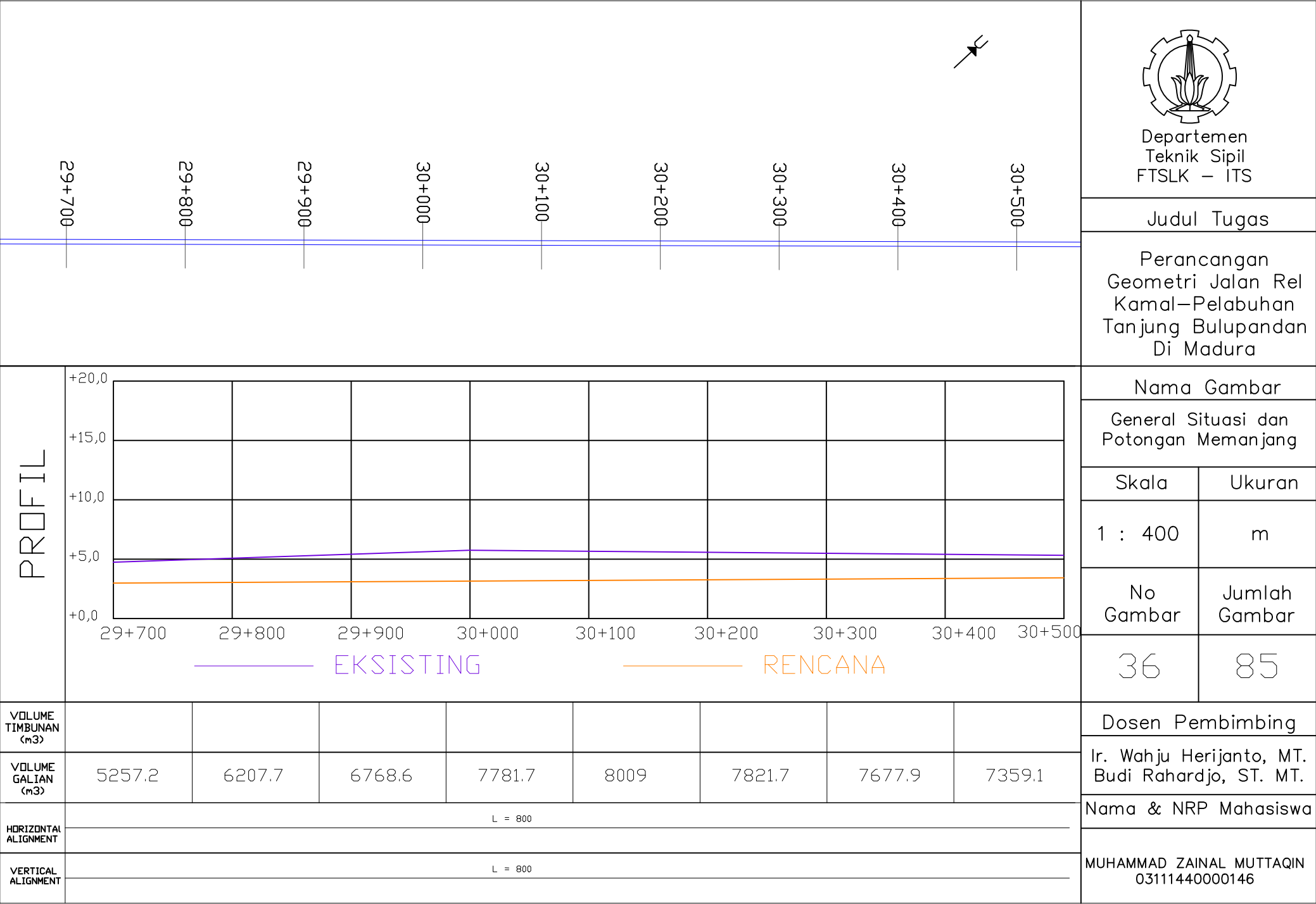




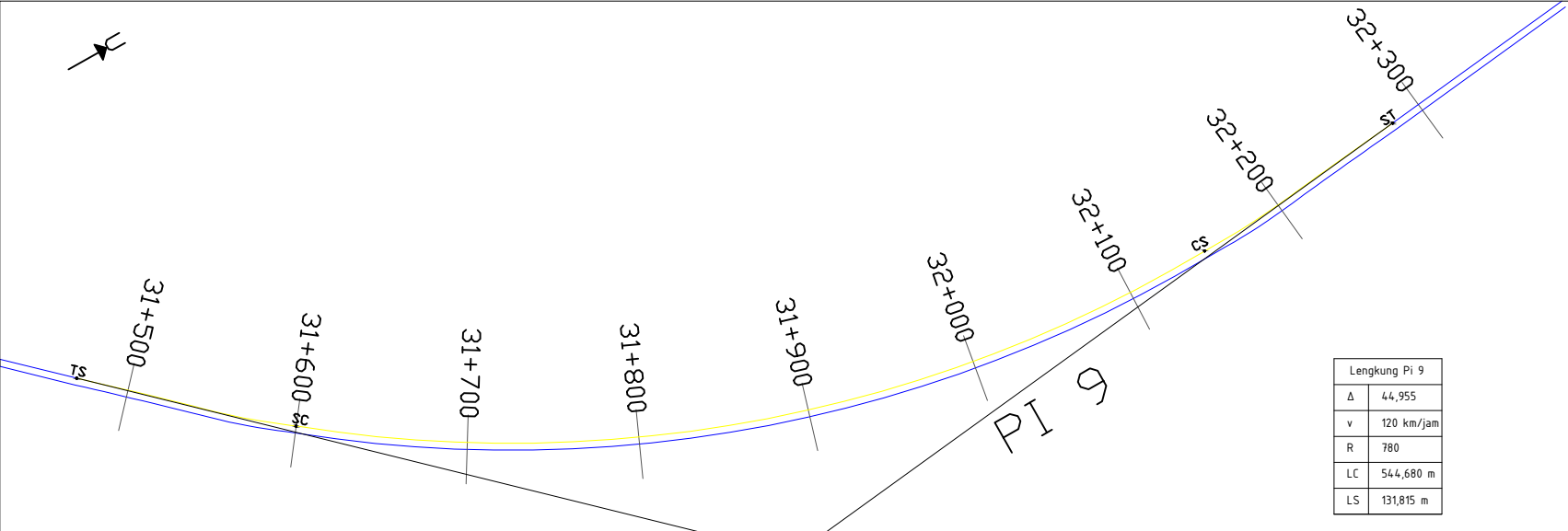
<div>27+00027+10027+20027+30027+40027+50027+60027+70027+800</div>									<div><div>Departemen Teknik Sipil FTSLK – ITS</div></div>	
									Judul Tugas	
									Perancangan Geometri Jalan Rel Kamal–Pelabuhan Tanjung Bulupandan Di Madura	
PROFIL	<div><div>+20,0</div><div>+15,0</div><div>+10,0</div><div>+5,0</div><div>+0,0</div></div> <div><div>27+00027+10027+20027+30027+40027+50027+60027+70027+800</div><div><div>EKSISTING</div><div>RENCANA</div></div></div>								Nama Gambar	
									General Situasi dan Potongan Memanjang	
									Skala	Ukuran
									1 : 400	m
									No Gambar	Jumlah Gambar
33	85									
VOLUME TIMBUNAN (m3)									Dosen Pembimbing	
VOLUME GALIAN (m3)	3204.6	3231.8	3252.2	3313.7	3354.8	3375.4	3667.4	2787.8	Ir. Wahyu Herijanto, MT. Budi Rahardjo, ST. MT.	
HORIZONTAL ALIGNMENT	L = 800								Nama & NRP Mahasiswa	
VERTICAL ALIGNMENT	L = 800								MUHAMMAD ZAINAL MUTTAQIN 03111440000146	

<div><div></div><div></div></div>									<div><div></div><div>Departemen Teknik Sipil FTSLK – ITS</div></div>	
<div><div>27+900</div><div>28+000</div><div>28+100</div><div>28+200</div><div>28+300</div><div>28+400</div><div>28+500</div><div>28+600</div><div>28+700</div></div>									Judul Tugas	
									Perancangan Geometri Jalan Rel Kamal–Pelabuhan Tanjung Bulupandan Di Madura	
PROFIL	<div><div><div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div></div><div><div>27+900</div><div>28+000</div><div>28+100</div><div>28+200</div><div>28+300</div><div>28+400</div><div>28+500</div><div>28+600</div><div>28+700</div></div></div><div><div>EKSISTING</div><div>RENCANA</div></div></div>								Nama Gambar	
									General Situasi dan Potongan Memanjang	
									Skala	Ukuran
									1 : 400	m
									No Gambar	Jumlah Gambar
									34	85
VOLUME TIMBUNAN (m3)							1827.4	1411.5	Dosen Pembimbing	
VOLUME GALIAN (m3)	2787.8	2454.3	2350.9	2299.5	2197.2	2045.2			Ir. Wahyu Herijanto, MT. Budi Rahardjo, ST. MT.	
HORIZONTAL ALIGNMENT	L = 800								Nama & NRP Mahasiswa	
VERTICAL ALIGNMENT	L = 800								MUHAMMAD ZAINAL MUTTAQIN 03111440000146	





<div></div> <div><div>30+600</div><div>30+700</div><div>30+800</div><div>30+900</div><div>31+000</div><div>31+100</div><div>31+200</div><div>31+300</div><div>31+400</div></div>									<div></div> <div>Departemen Teknik Sipil FTSLK – ITS</div>	
									Judul Tugas	
									Perancangan Geometri Jalan Rel Kamal–Pelabuhan Tanjung Bulupandan Di Madura	
PROFIL	<div><div>+20,0</div><div>+15,0</div><div>+10,0</div><div>+5,0</div><div>+0,0</div></div> <div><div>30+600</div><div>30+700</div><div>30+800</div><div>30+900</div><div>31+000</div><div>31+100</div><div>31+200</div><div>31+300</div><div>31+400</div></div> <div><div>— EKSISTING</div><div>— RENCANA</div></div>								Nama Gambar	
									General Situasi dan Potongan Memanjang	
									Skala	Ukuran
									1 : 400	m
									No Gambar	Jumlah Gambar
37	85									
VOLUME TIMBUNAN (m3)									Dosen Pembimbing	
VOLUME GALIAN (m3)	4349.9	4320.9	4306.4	4249.8	4263.1	4277.5	4306.4	4364.4	Ir. Wahyu Herijanto, MT. Budi Rahardjo, ST. MT.	
HORIZONTAL ALIGNMENT	L = 800								Nama & NRP Mahasiswa	
VERTICAL ALIGNMENT	L = 800								MUHAMMAD ZAINAL MUTTAQIN 03111440000146	



Departemen
Teknik Sipil
FTSLK – ITS

Judul Tugas

Perancangan
Geometri Jalan Rel
Kamal–Pelabuhan
Tanjung Bulupandan
Di Madura

Nama Gambar

General Situasi dan
Potongan Memanjang

Skala

Ukuran

1 : 400

m

No
Gambar

Jumlah
Gambar

38

85

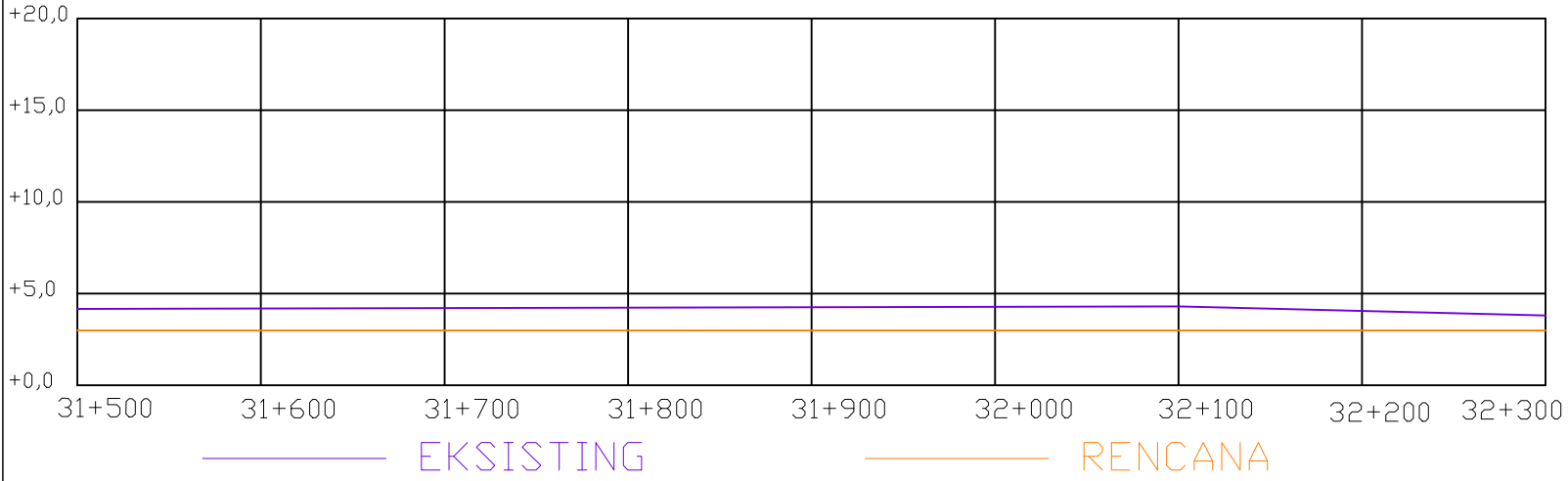
Dosen Pembimbing

Ir. Wahyu Herijanto, MT.
Budi Rahardjo, ST. MT.

Nama & NRP Mahasiswa

MUHAMMAD ZAINAL MUTTAQIN
03111440000146

PROFIL



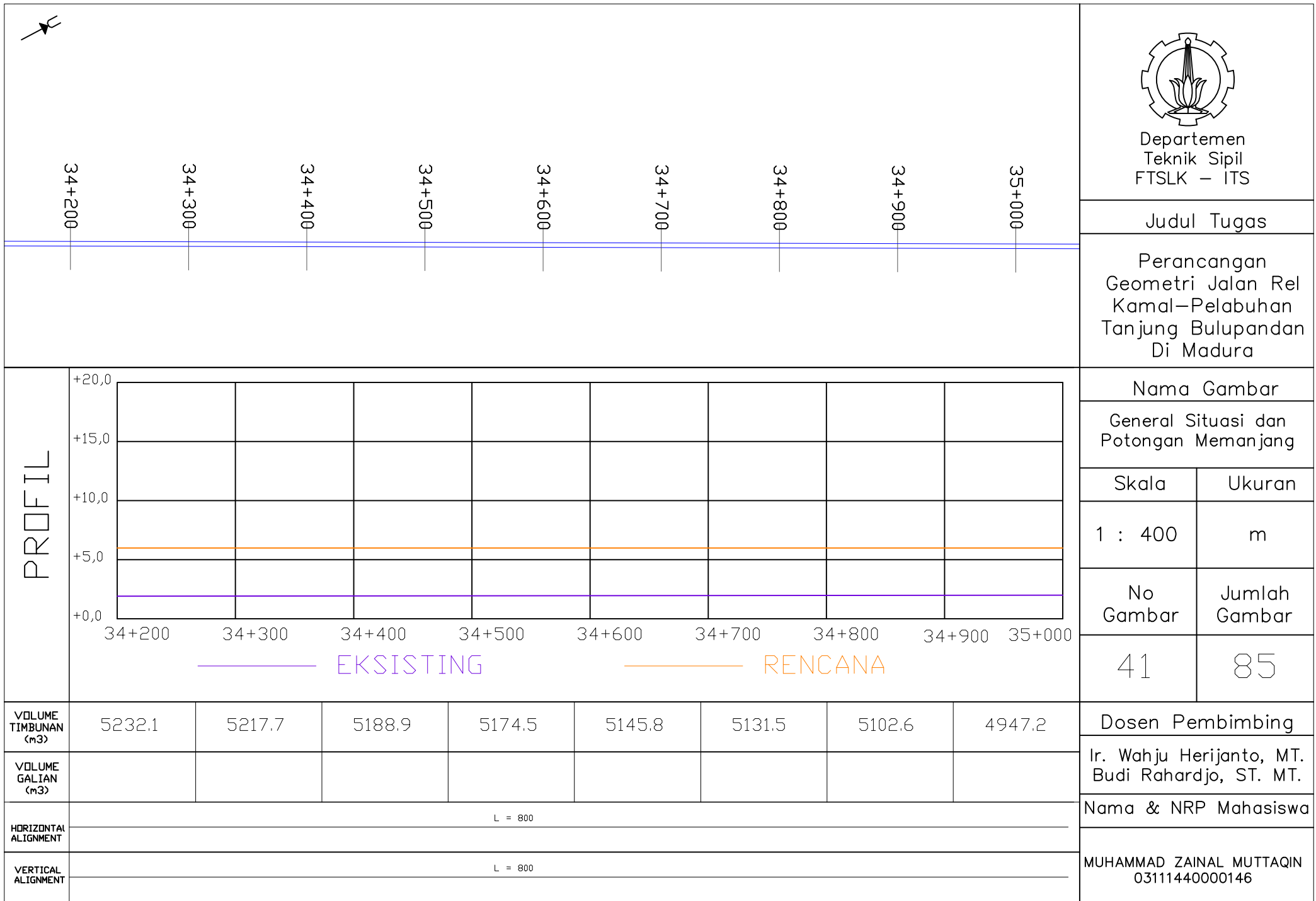
VOLUME
TIMBUNAN
(m³)

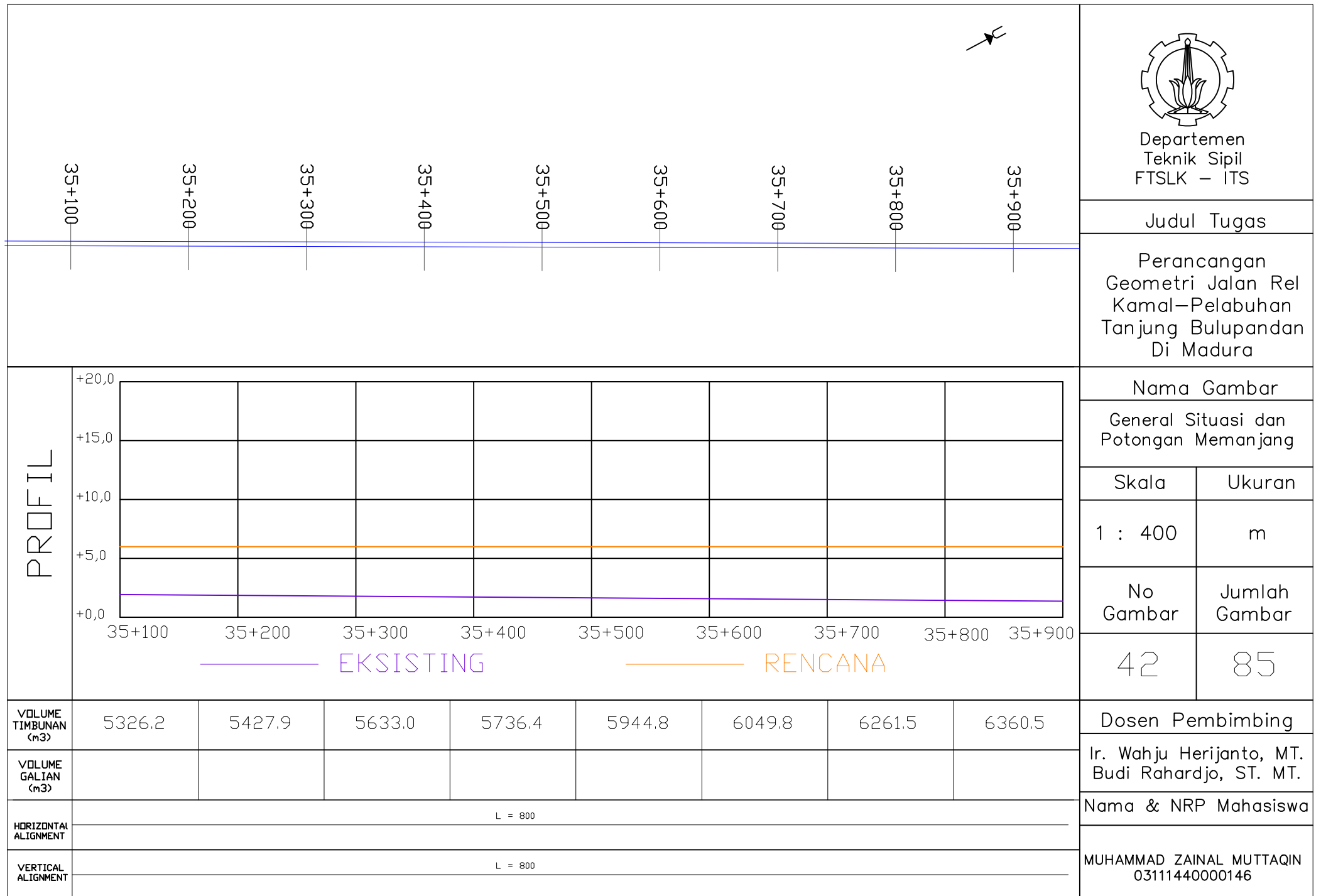
VOLUME
GALIAN
(m³)

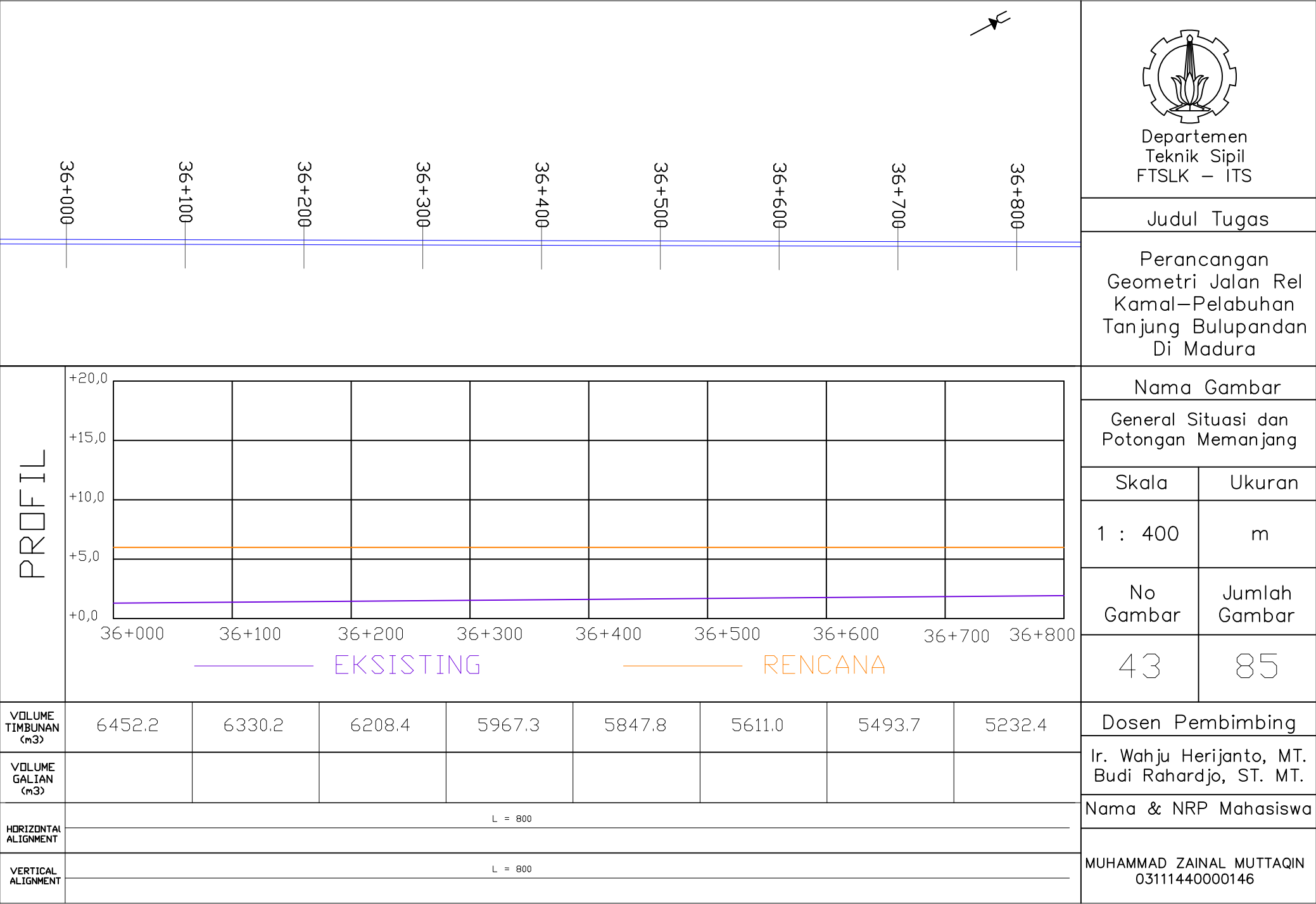
HORIZONTAL
ALIGNMENT

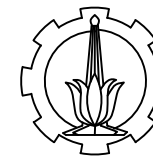
VERTICAL
ALIGNMENT

LHC = 778









Departemen
Teknik Sipil
FTSLK – ITS

Judul Tugas

Perancangan
Geometri Jalan Rel
Kamal–Pelabuhan
Tanjung Bulupandan
Di Madura

Nama Gambar

Tipikal Trase
Jalur Ganda

Skala

Ukuran

1 : 80

cm

No
Gambar

Jumlah
Gambar

45

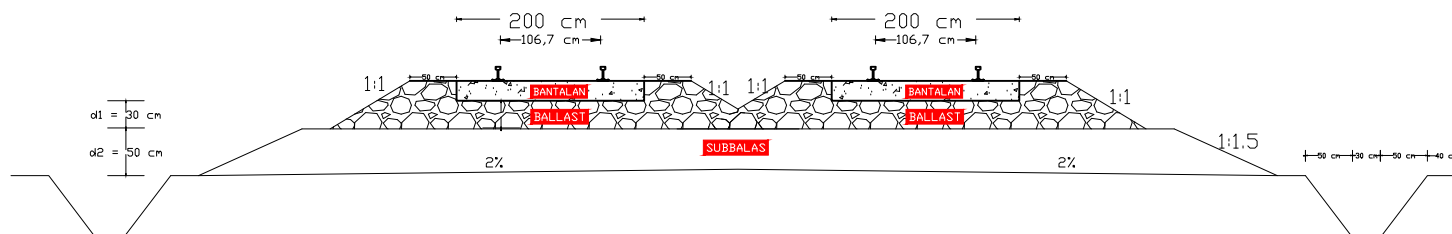
85

Dosen Pembimbing

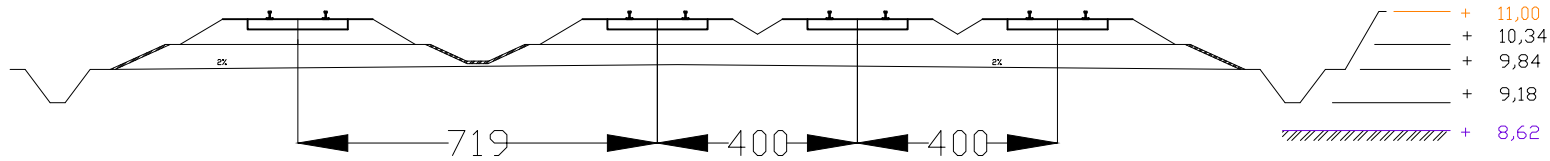
Ir. Wahyu Herijanto, MT.
Budi Rahardjo, ST. MT.

Nama & NRP Mahasiswa

MUHAMMAD ZAINAL MUTTAQIN
03111440000146



0 + 000



Departemen
Teknik Sipil
FTSLK – ITS

Judul Tugas

Perancangan
Geometri Jalan Rel
Kamal–Pelabuhan
Tanjung Bulupandan
Di Madura

Nama Gambar

Potongan Melintang

Skala

Ukuran

1 : 150

cm

No
Gambar

Jumlah
Gambar

46

85

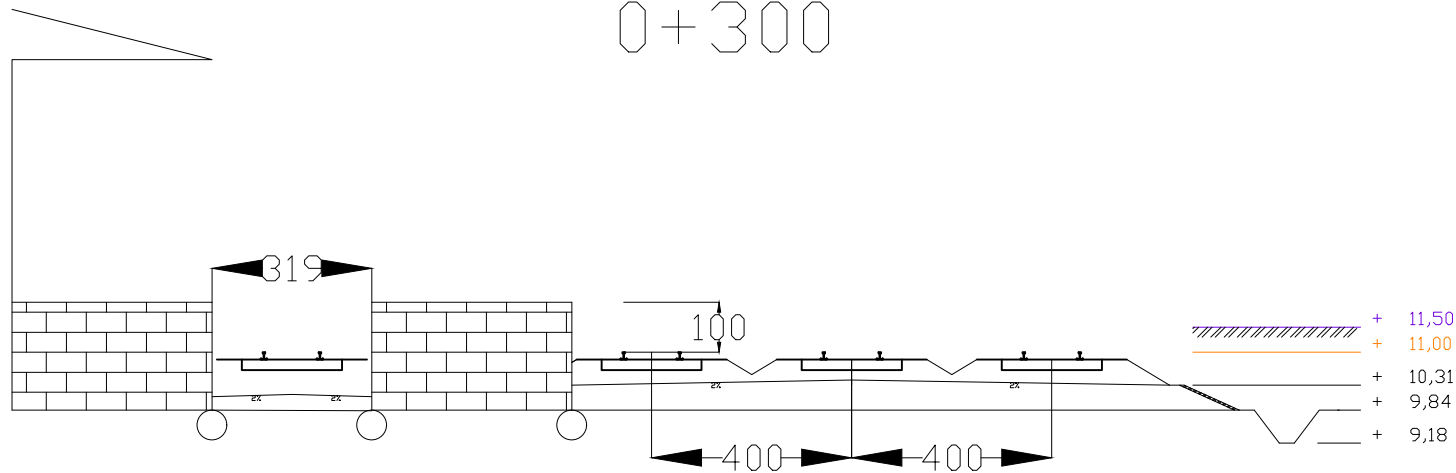
Dosen Pembimbing

Ir. Wahyu Herijanto, MT.
Budi Rahardjo, ST. MT.

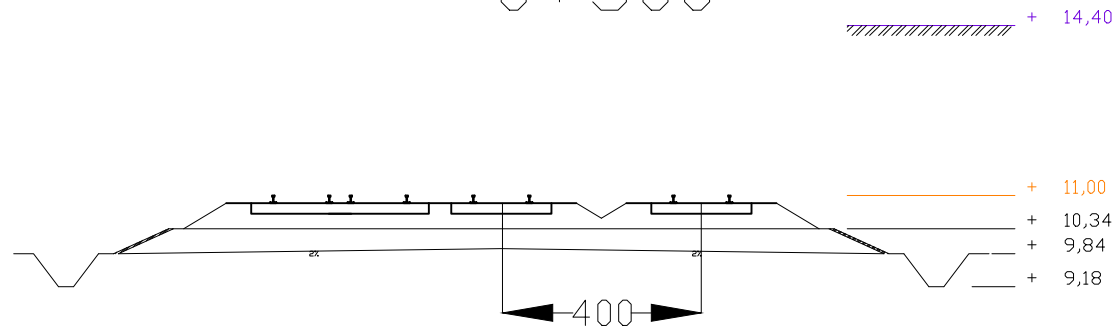
Nama & NRP Mahasiswa

MUHAMMAD ZAINAL MUTTAQIN
03111440000146

0 + 300



0+500



Departemen
Teknik Sipil
FTSLK – ITS

Judul Tugas

Perancangan
Geometri Jalan Rel
Kamal–Pelabuhan
Tanjung Bulupandan
Di Madura

Nama Gambar

Potongan Melintang

Skala

Ukuran

1 : 150

cm

No
Gambar

Jumlah
Gambar

47

85

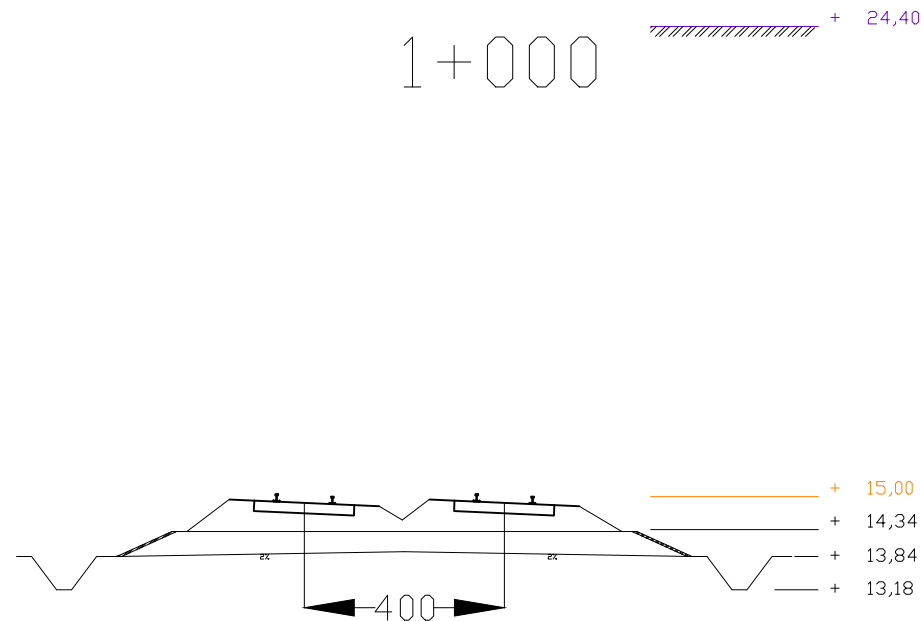
Dosen Pembimbing

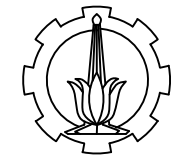
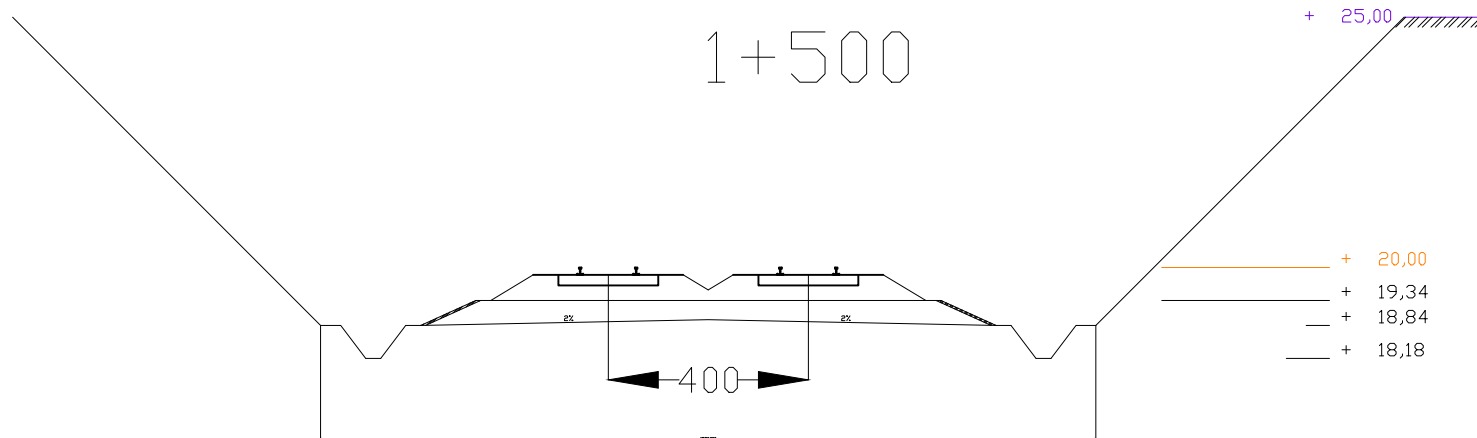
Ir. Wahyu Herijanto, MT.
Budi Rahardjo, ST. MT.

Nama & NRP Mahasiswa

MUHAMMAD ZAINAL MUTTAQIN
03111440000146

1+000





Departemen
Teknik Sipil
FTSLK – ITS

Judul Tugas

Perancangan
Geometri Jalan Rel
Kamal–Pelabuhan
Tanjung Bulupandan
Di Madura

Nama Gambar

Potongan Melintang

Skala

Ukuran

1 : 150

cm

No
Gambar

Jumlah
Gambar

48

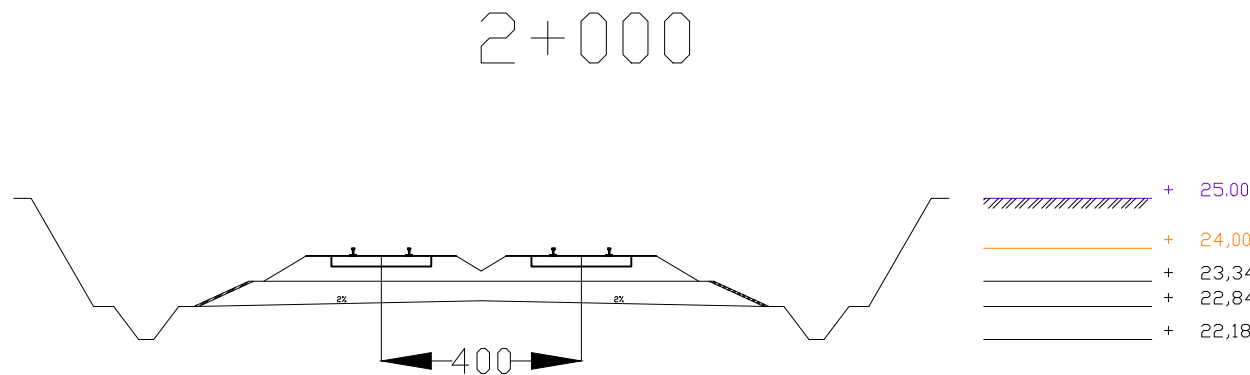
85

Dosen Pembimbing

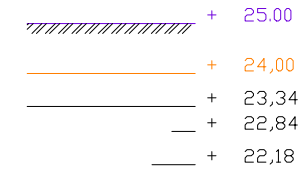
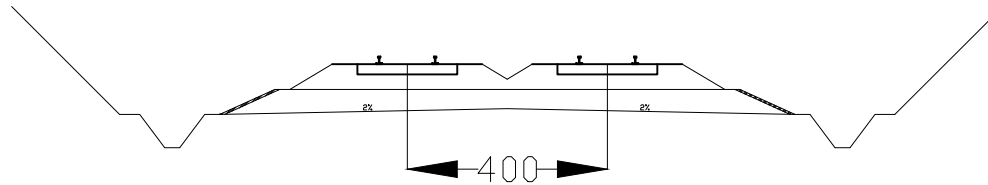
Ir. Wahyu Herijanto, MT.
Budi Rahardjo, ST. MT.

Nama & NRP Mahasiswa

MUHAMMAD ZAINAL MUTTAQIN
03111440000146



2+500



Departemen
Teknik Sipil
FTSLK – ITS

Judul Tugas

Perancangan
Geometri Jalan Rel
Kamal–Pelabuhan
Tanjung Bulupandan
Di Madura

Nama Gambar

Potongan Melintang

Skala

Ukuran

1 : 150

cm

No
Gambar

Jumlah
Gambar

49

85

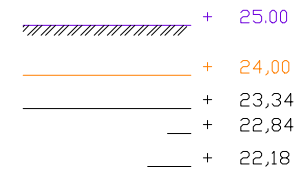
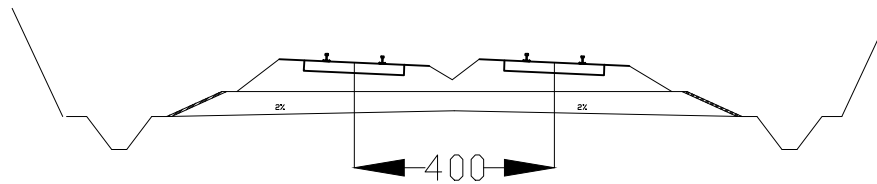
Dosen Pembimbing

Ir. Wahyu Herijanto, MT.
Budi Rahardjo, ST. MT.

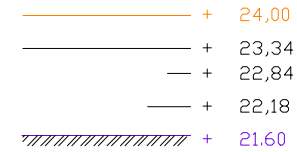
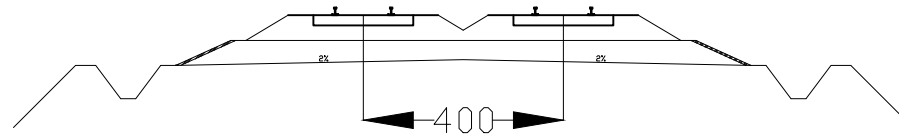
Nama & NRP Mahasiswa

MUHAMMAD ZAINAL MUTTAQIN
03111440000146

3+000



3+500



Departemen
Teknik Sipil
FTSLK – ITS

Judul Tugas

Perancangan
Geometri Jalan Rel
Kamal–Pelabuhan
Tanjung Bulupandan
Di Madura

Nama Gambar

Potongan Melintang

Skala

Ukuran

1 : 150

cm

No
Gambar

Jumlah
Gambar

50

85

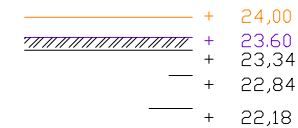
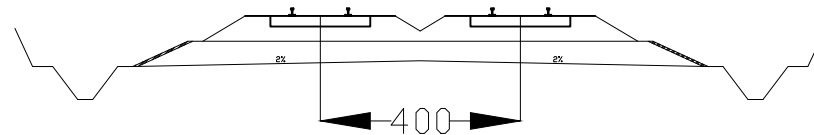
Dosen Pembimbing

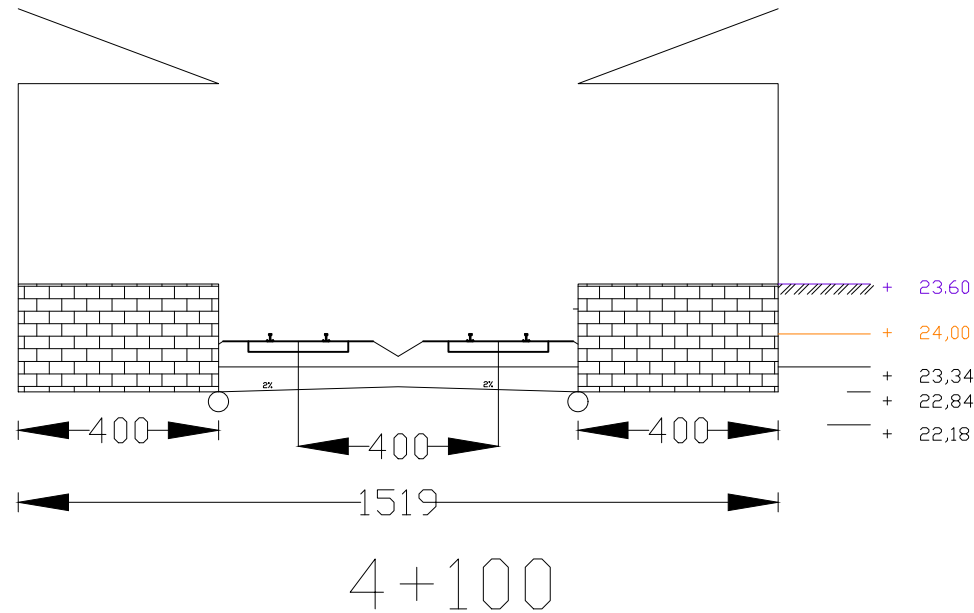
Ir. Wahyu Herijanto, MT.
Budi Rahardjo, ST. MT.

Nama & NRP Mahasiswa

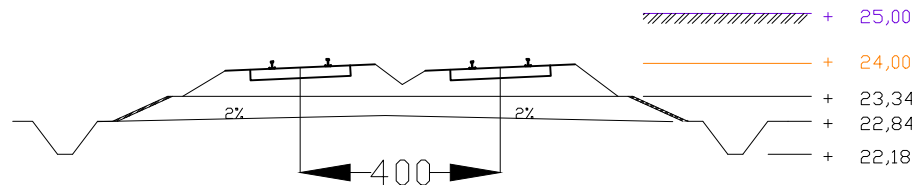
MUHAMMAD ZAINAL MUTTAQIN
03111440000146

4+000





4+500



Departemen
Teknik Sipil
FTSLK – ITS

Judul Tugas

Perancangan
Geometri Jalan Rel
Kamal–Pelabuhan
Tanjung Bulupandan
Di Madura

Nama Gambar

Potongan Melintang

Skala

Ukuran

1 : 150

cm

No
Gambar

Jumlah
Gambar

51

85

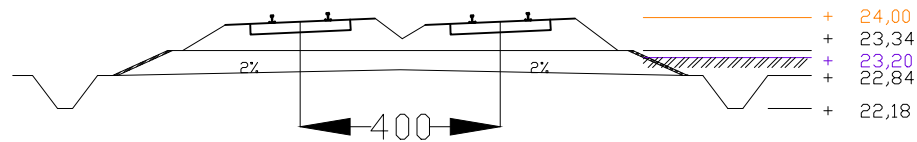
Dosen Pembimbing

Ir. Wahyu Herijanto, MT.
Budi Rahardjo, ST. MT.

Nama & NRP Mahasiswa

MUHAMMAD ZAINAL MUTTAQIN
03111440000146

5+000



Departemen
Teknik Sipil
FTSLK – ITS

Judul Tugas

Perancangan
Geometri Jalan Rel
Kamal–Pelabuhan
Tanjung Bulupandan
Di Madura

Nama Gambar

Potongan Melintang

Skala

Ukuran

1 : 150

cm

No
Gambar

Jumlah
Gambar

52

85

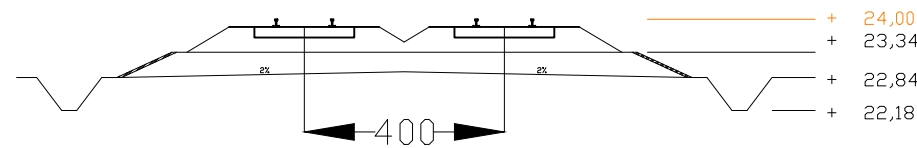
Dosen Pembimbing

Ir. Wahyu Herijanto, MT.
Budi Rahardjo, ST. MT.

Nama & NRP Mahasiswa

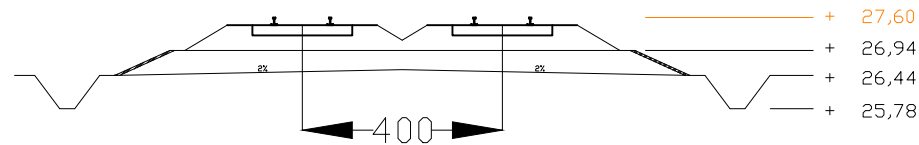
MUHAMMAD ZAINAL MUTTAQIN
03111440000146

5+500



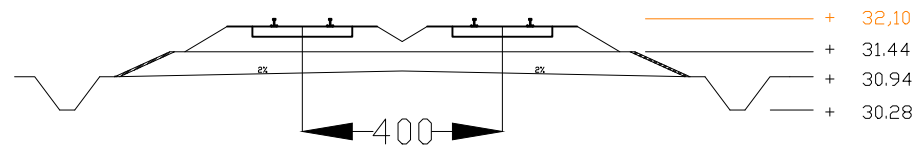
////////// + 20,00

6+000



////// + 21,00

6+500



////// + 21,00



Departemen
Teknik Sipil
FTSLK – ITS

Judul Tugas

Perancangan
Geometri Jalan Rel
Kamal–Pelabuhan
Tanjung Bulupandan
Di Madura

Nama Gambar

Potongan Melintang

Skala

Ukuran

1 : 150

cm

No
Gambar

Jumlah
Gambar

53

85

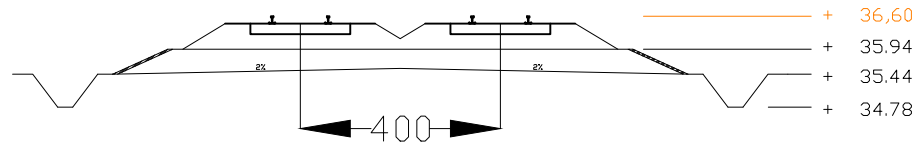
Dosen Pembimbing

Ir. Wahyu Herijanto, MT.
Budi Rahardjo, ST. MT.

Nama & NRP Mahasiswa

MUHAMMAD ZAINAL MUTTAQIN
03111440000146

7+000



Departemen
Teknik Sipil
FTSLK – ITS

Judul Tugas

Perancangan
Geometri Jalan Rel
Kamal–Pelabuhan
Tanjung Bulupandan
Di Madura

Nama Gambar

Potongan Melintang

Skala

Ukuran

1 : 150

cm

No
Gambar

Jumlah
Gambar

54

85

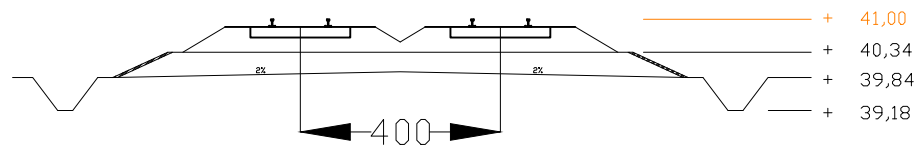
Dosen Pembimbing

Ir. Wahyu Herijanto, MT.
Budi Rahardjo, ST. MT.

Nama & NRP Mahasiswa

MUHAMMAD ZAINAL MUTTAQIN
03111440000146

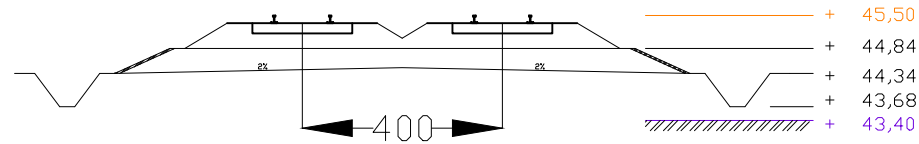
7+500



//////////////////// + 25,00

//////////////////// + 36,30

8+000



Departemen
Teknik Sipil
FTSLK – ITS

Judul Tugas

Perancangan
Geometri Jalan Rel
Kamal–Pelabuhan
Tanjung Bulupandan
Di Madura

Nama Gambar

Potongan Melintang

Skala

Ukuran

1 : 150

cm

No
Gambar

Jumlah
Gambar

55

85

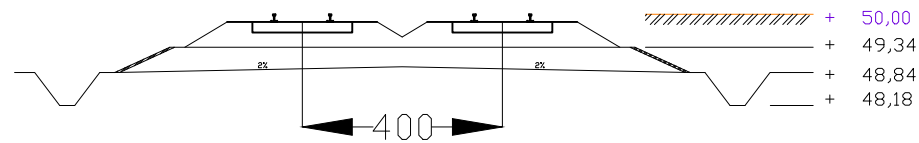
Dosen Pembimbing

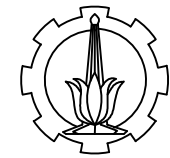
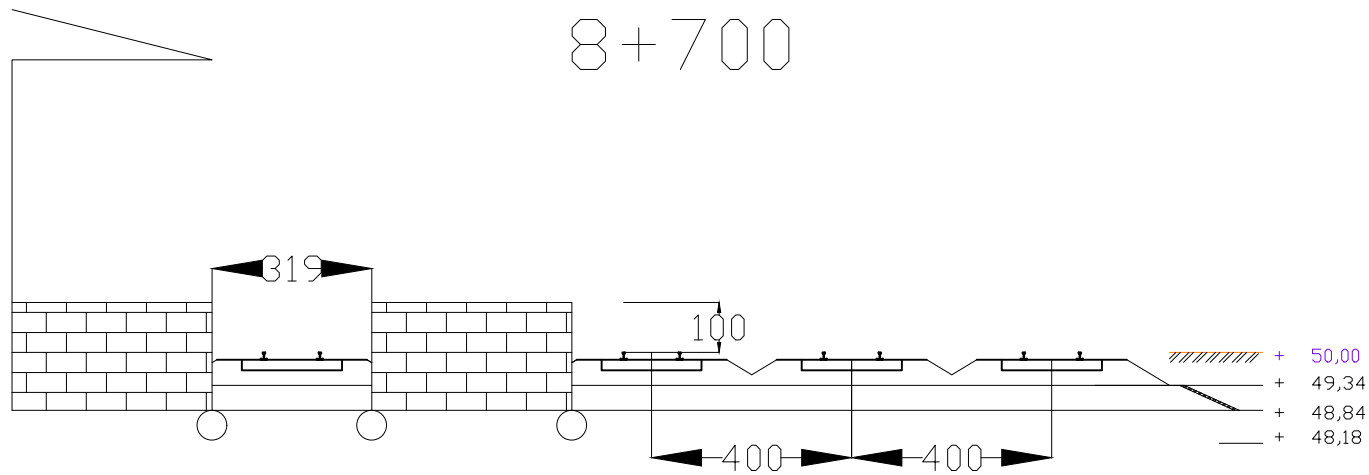
Ir. Wahyu Herijanto, MT.
Budi Rahardjo, ST. MT.

Nama & NRP Mahasiswa

MUHAMMAD ZAINAL MUTTAQIN
03111440000146

8+500





Judul Tugas

Perancangan
Geometri Jalan Rel
Kamal–Pelabuhan
Tanjung Bulupandan
Di Madura

Nama Gambar

Potongan Melintang

Skala

Ukuran

1 : 150

cm

No
Gambar

Jumlah
Gambar

56

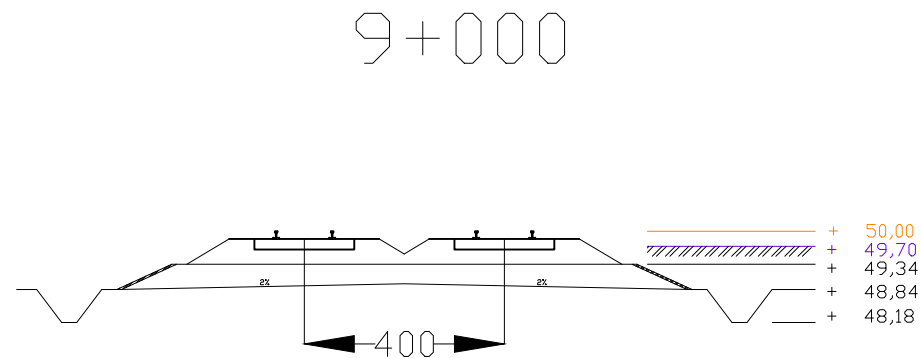
85

Dosen Pembimbing

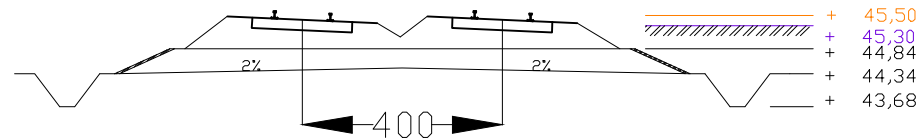
Ir. Wahyu Herijanto, MT.
Budi Rahardjo, ST. MT.

Nama & NRP Mahasiswa

MUHAMMAD ZAINAL MUTTAQIN
03111440000146



9+500



Departemen
Teknik Sipil
FTSLK – ITS

Judul Tugas

Perancangan
Geometri Jalan Rel
Kamal–Pelabuhan
Tanjung Bulupandan
Di Madura

Nama Gambar

Potongan Melintang

Skala

Ukuran

1 : 150

cm

No
Gambar

Jumlah
Gambar

57

85

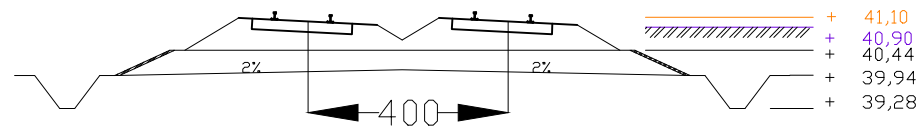
Dosen Pembimbing

Ir. Wahyu Herijanto, MT.
Budi Rahardjo, ST. MT.

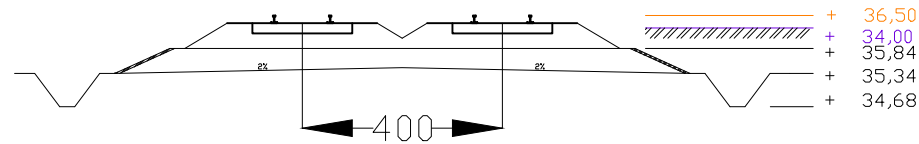
Nama & NRP Mahasiswa

MUHAMMAD ZAINAL MUTTAQIN
03111440000146

10+000



10+500



Departemen
Teknik Sipil
FTSLK – ITS

Judul Tugas

Perancangan
Geometri Jalan Rel
Kamal–Pelabuhan
Tanjung Bulupandan
Di Madura

Nama Gambar

Potongan Melintang

Skala

Ukuran

1 : 150

cm

No
Gambar

Jumlah
Gambar

58

85

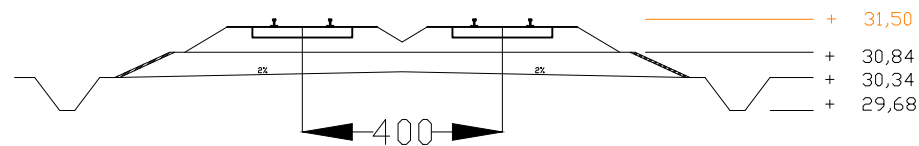
Dosen Pembimbing

Ir. Wahyu Herijanto, MT.
Budi Rahardjo, ST. MT.

Nama & NRP Mahasiswa

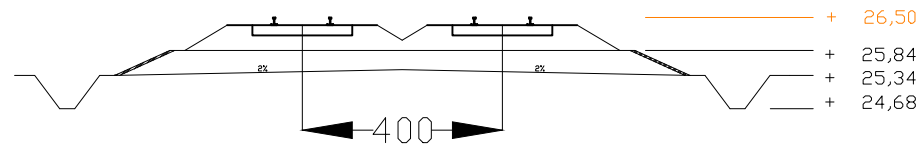
MUHAMMAD ZAINAL MUTTAQIN
03111440000146

11+000



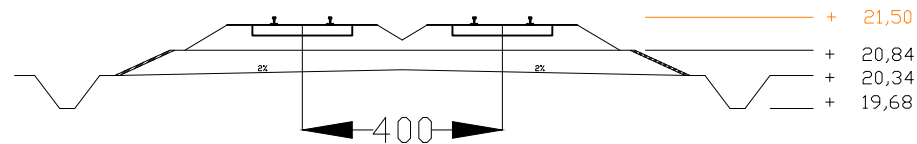
////// + 25,80

11+500



//////////////////// + 18,80

12+000



//////////////////// + 15,70



Departemen
Teknik Sipil
FTSLK – ITS

Judul Tugas

Perancangan
Geometri Jalan Rel
Kamal–Pelabuhan
Tanjung Bulupandan
Di Madura

Nama Gambar

Potongan Melintang

Skala

Ukuran

1 : 150

cm

No
Gambar

Jumlah
Gambar

59

85

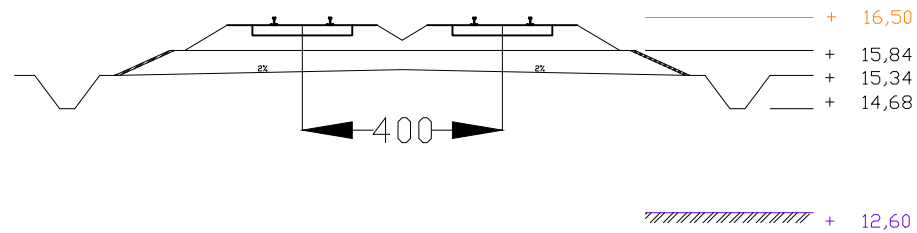
Dosen Pembimbing

Ir. Wahyu Herijanto, MT.
Budi Rahardjo, ST. MT.

Nama & NRP Mahasiswa

MUHAMMAD ZAINAL MUTTAQIN
03111440000146

12+500



Departemen
Teknik Sipil
FTSLK – ITS

Judul Tugas

Perancangan
Geometri Jalan Rel
Kamal–Pelabuhan
Tanjung Bulupandan
Di Madura

Nama Gambar

Potongan Melintang

Skala

Ukuran

1 : 150

cm

No
Gambar

Jumlah
Gambar

60

85

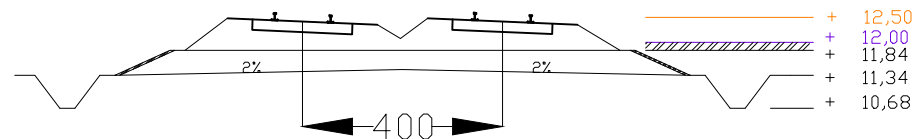
Dosen Pembimbing

Ir. Wahyu Herijanto, MT.
Budi Rahardjo, ST. MT.

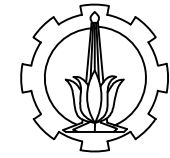
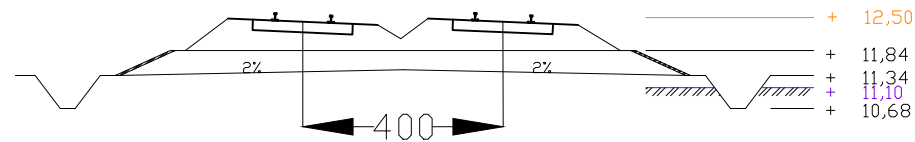
Nama & NRP Mahasiswa

MUHAMMAD ZAINAL MUTTAQIN
03111440000146

13+000



13+500



Departemen
Teknik Sipil
FTSLK – ITS

Judul Tugas

Perancangan
Geometri Jalan Rel
Kamal–Pelabuhan
Tanjung Bulupandan
Di Madura

Nama Gambar

Potongan Melintang

Skala

Ukuran

1 : 150

cm

No
Gambar

Jumlah
Gambar

61

85

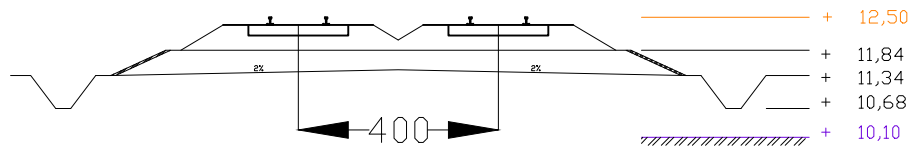
Dosen Pembimbing

Ir. Wahyu Herijanto, MT.
Budi Rahardjo, ST. MT.

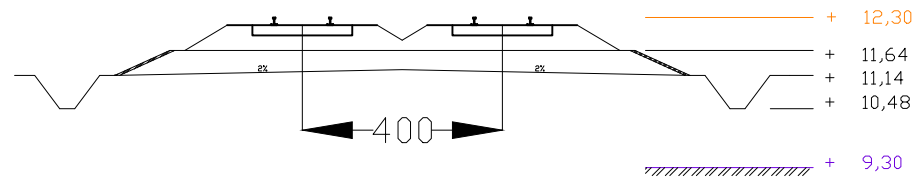
Nama & NRP Mahasiswa

MUHAMMAD ZAINAL MUTTAQIN
03111440000146

14+000



14+500



Departemen
Teknik Sipil
FTSLK – ITS

Judul Tugas

Perancangan
Geometri Jalan Rel
Kamal–Pelabuhan
Tanjung Bulupandan
Di Madura

Nama Gambar

Potongan Melintang

Skala

Ukuran

1 : 150

cm

No
Gambar

Jumlah
Gambar

62

85

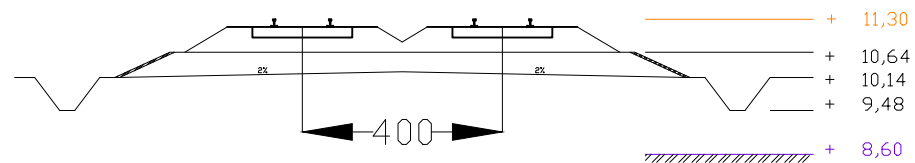
Dosen Pembimbing

Ir. Wahyu Herijanto, MT.
Budi Rahardjo, ST. MT.

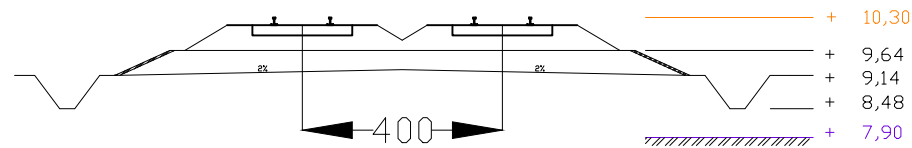
Nama & NRP Mahasiswa

MUHAMMAD ZAINAL MUTTAQIN
03111440000146

15+000



15+500



Departemen
Teknik Sipil
FTSLK – ITS

Judul Tugas

Perancangan
Geometri Jalan Rel
Kamal–Pelabuhan
Tanjung Bulupandan
Di Madura

Nama Gambar

Potongan Melintang

Skala

Ukuran

1 : 150

cm

No
Gambar

Jumlah
Gambar

63

85

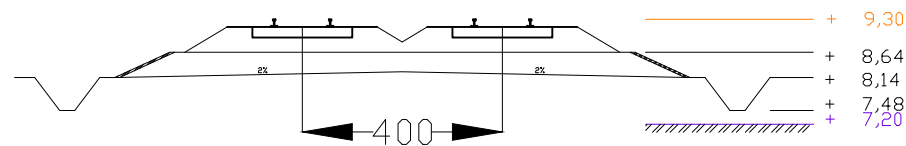
Dosen Pembimbing

Ir. Wahyu Herijanto, MT.
Budi Rahardjo, ST. MT.

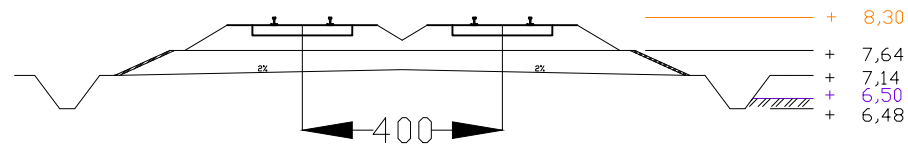
Nama & NRP Mahasiswa

MUHAMMAD ZAINAL MUTTAQIN
03111440000146

16+000



16+500



Departemen
Teknik Sipil
FTSLK – ITS

Judul Tugas

Perancangan
Geometri Jalan Rel
Kamal–Pelabuhan
Tanjung Bulupandan
Di Madura

Nama Gambar

Potongan Melintang

Skala

Ukuran

1 : 150

cm

No
Gambar

Jumlah
Gambar

64

85

Dosen Pembimbing

Ir. Wahyu Herijanto, MT.
Budi Rahardjo, ST. MT.

Nama & NRP Mahasiswa

MUHAMMAD ZAINAL MUTTAQIN
03111440000146

17+000

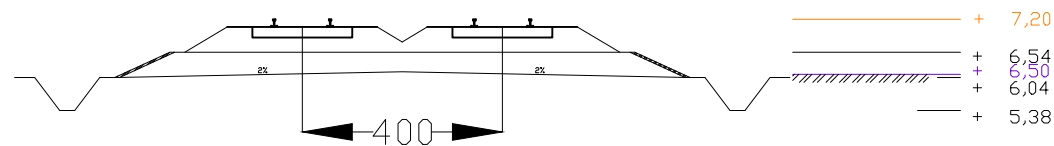
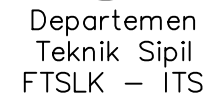


Diagram illustrating the cross-section of a roof structure. The roof has a 2% slope on both sides. A dimension of 400 is indicated for the central section. The elevations are listed on the right:

Feature	Elevation
Top edge (orange line)	6,20
Top edge (purple line)	5,80
Roof surface (hatched area)	5,54
Roof surface (solid line)	5,04
Bottom edge (solid line)	4,38



Perancangan
Geometri Jalan Rel
Kamal–Pelabuhan
Tanjung Bulupandan
Di Madura

Potongan Melintang

Ukuran

cm

Jumlah
Gambar

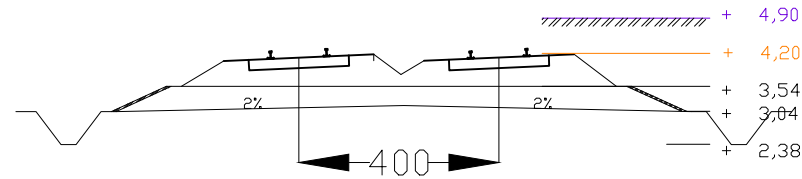
85

Ir. Wahyu Herijanto, MT.
Budi Rahardjo, ST. MT.

MUHAMMAD ZAINAL MUTTAQIN
03111440000146

Diagram illustrating the cross-section of a road with a 400m width and a 2% slope. The road is flanked by a 6.50m wide area on the left and a 5.20m wide area on the right. The road surface is 4.54m wide. The road is flanked by a 4.04m wide area on the left and a 3.38m wide area on the right. The road is flanked by a 4.04m wide area on the left and a 3.38m wide area on the right.

18+500



Departemen
Teknik Sipil
FTSLK – ITS

Judul Tugas

Perancangan
Geometri Jalan Rel
Kamal–Pelabuhan
Tanjung Bulupandan
Di Madura

Nama Gambar

Potongan Melintang

Skala

Ukuran

1 : 150

cm

No
Gambar

Jumlah
Gambar

66

85

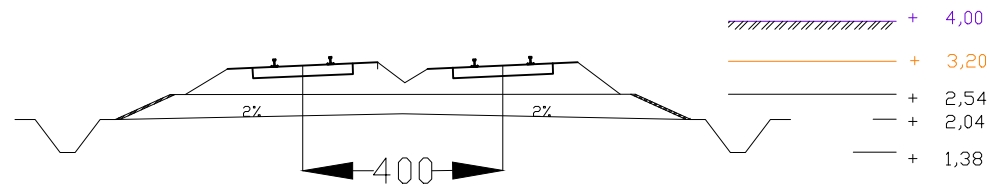
Dosen Pembimbing

Ir. Wahyu Herijanto, MT.
Budi Rahardjo, ST. MT.

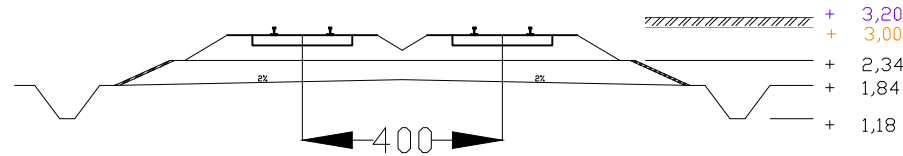
Nama & NRP Mahasiswa

MUHAMMAD ZAINAL MUTTAQIN
03111440000146

19+000



19+500



Departemen
Teknik Sipil
FTSLK – ITS

Judul Tugas

Perancangan
Geometri Jalan Rel
Kamal–Pelabuhan
Tanjung Bulupandan
Di Madura

Nama Gambar

Potongan Melintang

Skala

Ukuran

1 : 150

cm

No
Gambar

Jumlah
Gambar

67

85

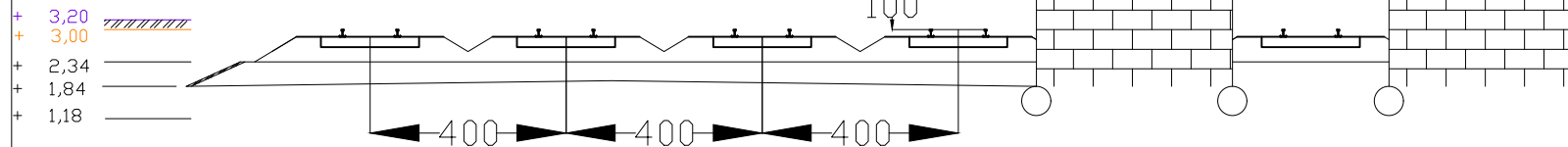
Dosen Pembimbing

Ir. Wahyu Herijanto, MT.
Budi Rahardjo, ST. MT.

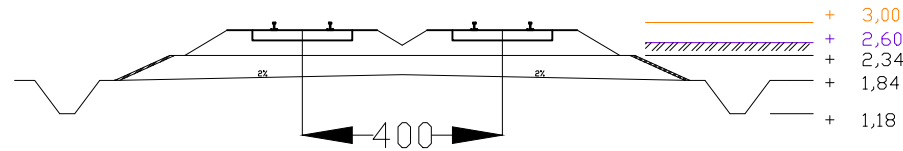
Nama & NRP Mahasiswa

MUHAMMAD ZAINAL MUTTAQIN
03111440000146

19+700



20+000



Departemen
Teknik Sipil
FTSLK – ITS

Judul Tugas

Perancangan
Geometri Jalan Rel
Kamal–Pelabuhan
Tanjung Bulupandan
Di Madura

Nama Gambar

Potongan Melintang

Skala

Ukuran

1 : 150

cm

No
Gambar

Jumlah
Gambar

68

85

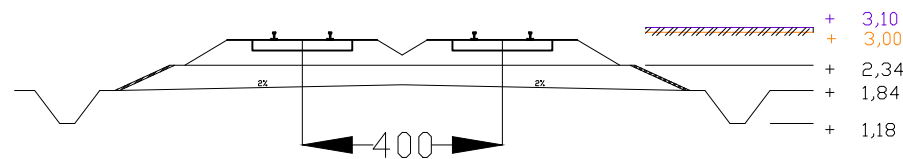
Dosen Pembimbing

Ir. Wahyu Herijanto, MT.
Budi Rahardjo, ST. MT.

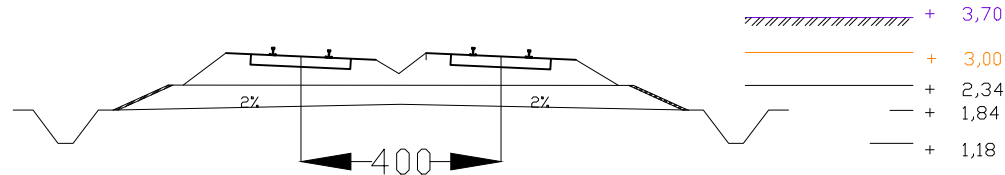
Nama & NRP Mahasiswa

MUHAMMAD ZAINAL MUTTAQIN
03111440000146

20+500



21+000



Departemen
Teknik Sipil
FTSLK – ITS

Judul Tugas

Perancangan
Geometri Jalan Rel
Kamal–Pelabuhan
Tanjung Bulupandan
Di Madura

Nama Gambar

Potongan Melintang

Skala

Ukuran

1 : 150

cm

No
Gambar

Jumlah
Gambar

69

85

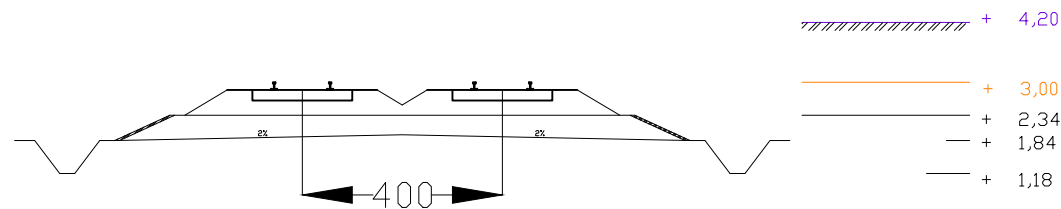
Dosen Pembimbing

Ir. Wahyu Herijanto, MT.
Budi Rahardjo, ST. MT.

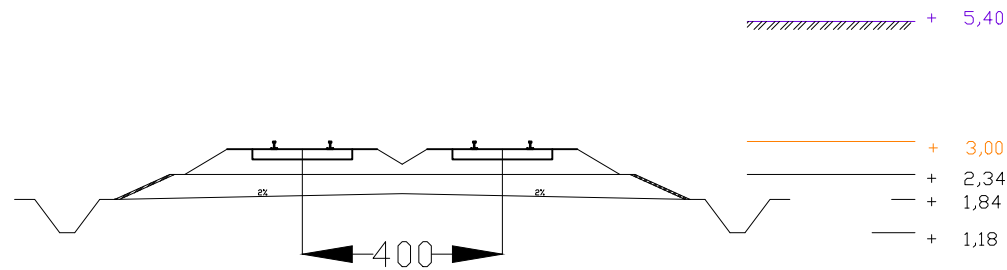
Nama & NRP Mahasiswa

MUHAMMAD ZAINAL MUTTAQIN
03111440000146

21+500



22+000



Departemen
Teknik Sipil
FTSLK – ITS

Judul Tugas

Perancangan
Geometri Jalan Rel
Kamal–Pelabuhan
Tanjung Bulupandan
Di Madura

Nama Gambar

Potongan Melintang

Skala

Ukuran

1 : 150

cm

No
Gambar

Jumlah
Gambar

70

85

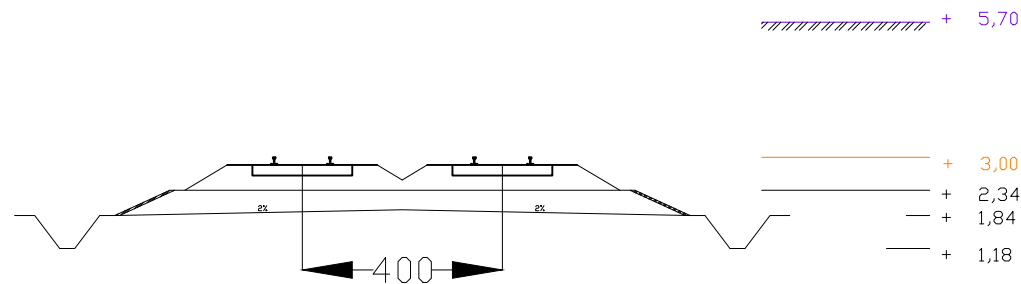
Dosen Pembimbing

Ir. Wahyu Herijanto, MT.
Budi Rahardjo, ST. MT.

Nama & NRP Mahasiswa

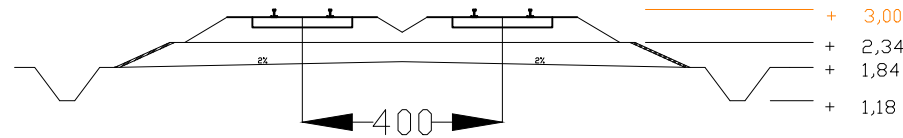
MUHAMMAD ZAINAL MUTTAQIN
03111440000146

22+500



23+000

//////////////////// + 6,00



Departemen
Teknik Sipil
FTSLK – ITS

Judul Tugas

Perancangan
Geometri Jalan Rel
Kamal–Pelabuhan
Tanjung Bulupandan
Di Madura

Nama Gambar

Potongan Melintang

Skala

Ukuran

1 : 150

cm

No
Gambar

Jumlah
Gambar

71

85

Dosen Pembimbing

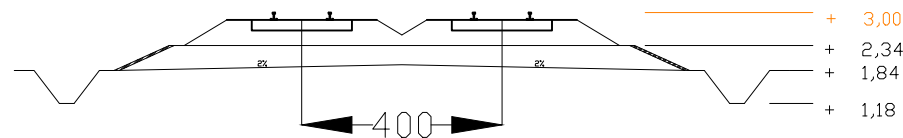
Ir. Wahyu Herijanto, MT.
Budi Rahardjo, ST. MT.

Nama & NRP Mahasiswa

MUHAMMAD ZAINAL MUTTAQIN
03111440000146

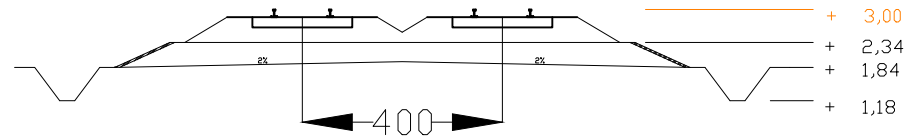
23+500

//////////////////// + 6,20



24+000

////////// + 6,30



Departemen
Teknik Sipil
FTSLK – ITS

Judul Tugas

Perancangan
Geometri Jalan Rel
Kamal–Pelabuhan
Tanjung Bulupandan
Di Madura

Nama Gambar

Potongan Melintang

Skala

Ukuran

1 : 150

cm

No
Gambar

Jumlah
Gambar

72

85

Dosen Pembimbing

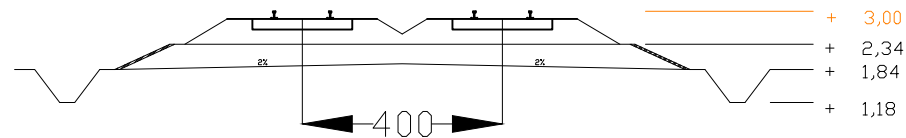
Ir. Wahyu Herijanto, MT.
Budi Rahardjo, ST. MT.

Nama & NRP Mahasiswa

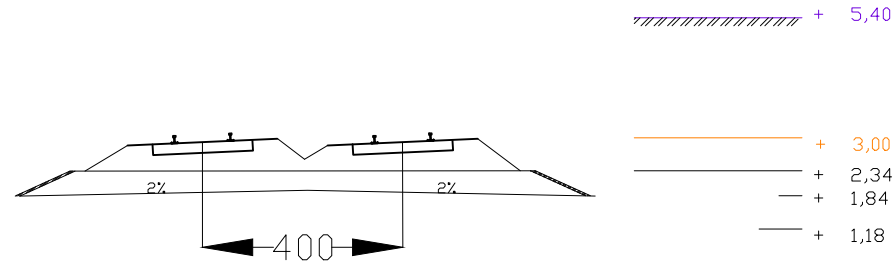
MUHAMMAD ZAINAL MUTTAQIN
03111440000146

24+500

////////// + 5,90



25+000



Departemen
Teknik Sipil
FTSLK – ITS

Judul Tugas

Perancangan
Geometri Jalan Rel
Kamal–Pelabuhan
Tanjung Bulupandan
Di Madura

Nama Gambar

Potongan Melintang

Skala

Ukuran

1 : 150

cm

No
Gambar

Jumlah
Gambar

73

85

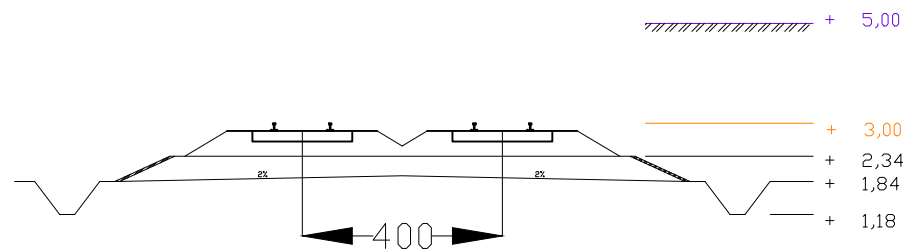
Dosen Pembimbing

Ir. Wahyu Herijanto, MT.
Budi Rahardjo, ST. MT.

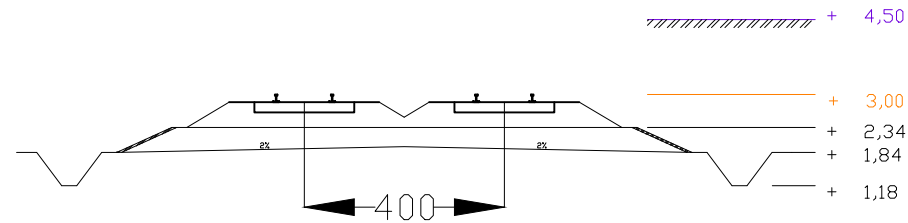
Nama & NRP Mahasiswa

MUHAMMAD ZAINAL MUTTAQIN
03111440000146

25+500



26+000



Departemen
Teknik Sipil
FTSLK – ITS

Judul Tugas

Perancangan
Geometri Jalan Rel
Kamal–Pelabuhan
Tanjung Bulupandan
Di Madura

Nama Gambar

Potongan Melintang

Skala

Ukuran

1 : 150

cm

No
Gambar

Jumlah
Gambar

74

85

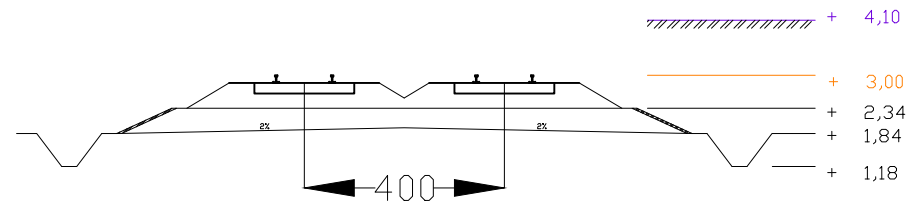
Dosen Pembimbing

Ir. Wahyu Herijanto, MT.
Budi Rahardjo, ST. MT.

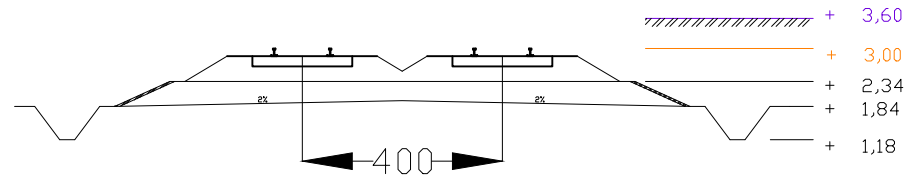
Nama & NRP Mahasiswa

MUHAMMAD ZAINAL MUTTAQIN
03111440000146

26+500



27+000



Departemen
Teknik Sipil
FTSLK – ITS

Judul Tugas

Perancangan
Geometri Jalan Rel
Kamal–Pelabuhan
Tanjung Bulupandan
Di Madura

Nama Gambar

Potongan Melintang

Skala

Ukuran

1 : 150

cm

No
Gambar

Jumlah
Gambar

75

85

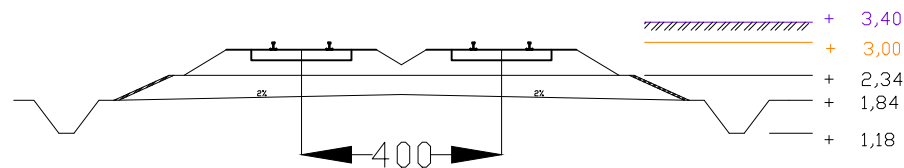
Dosen Pembimbing

Ir. Wahyu Herijanto, MT.
Budi Rahardjo, ST. MT.

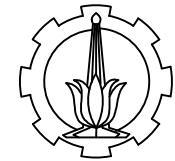
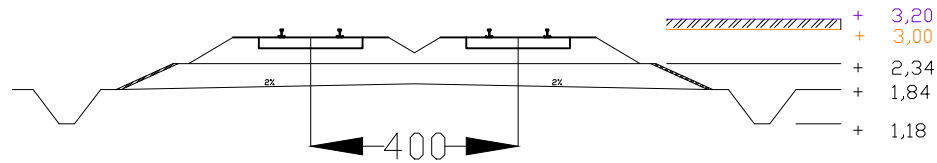
Nama & NRP Mahasiswa

MUHAMMAD ZAINAL MUTTAQIN
03111440000146

27+500



28+000



Departemen
Teknik Sipil
FTSLK – ITS

Judul Tugas

Perancangan
Geometri Jalan Rel
Kamal–Pelabuhan
Tanjung Bulupandan
Di Madura

Nama Gambar

Potongan Melintang

Skala

Ukuran

1 : 150

cm

No
Gambar

Jumlah
Gambar

76

85

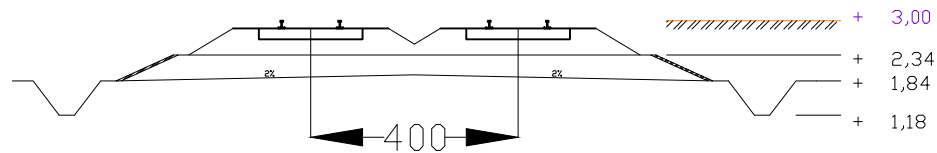
Dosen Pembimbing

Ir. Wahyu Herijanto, MT.
Budi Rahardjo, ST. MT.

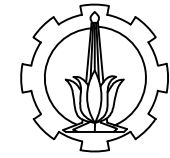
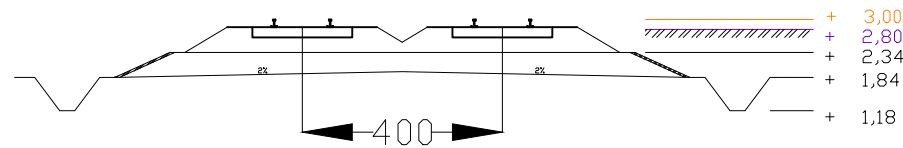
Nama & NRP Mahasiswa

MUHAMMAD ZAINAL MUTTAQIN
03111440000146

28+500



29+000



Departemen
Teknik Sipil
FTSLK – ITS

Judul Tugas

Perancangan
Geometri Jalan Rel
Kamal–Pelabuhan
Tanjung Bulupandan
Di Madura

Nama Gambar

Potongan Melintang

Skala

Ukuran

1 : 150

cm

No
Gambar

Jumlah
Gambar

77

85

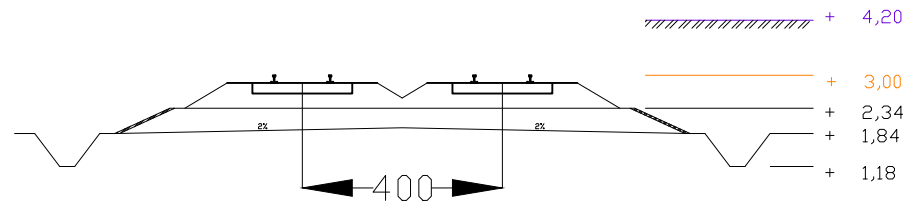
Dosen Pembimbing

Ir. Wahyu Herijanto, MT.
Budi Rahardjo, ST. MT.

Nama & NRP Mahasiswa

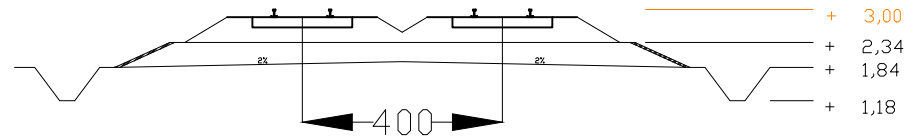
MUHAMMAD ZAINAL MUTTAQIN
03111440000146

29+500



30+000

//////////////////// + 5,60



Departemen
Teknik Sipil
FTSLK – ITS

Judul Tugas

Perancangan
Geometri Jalan Rel
Kamal–Pelabuhan
Tanjung Bulupandan
Di Madura

Nama Gambar

Potongan Melintang

Skala

Ukuran

1 : 150

cm

No
Gambar

Jumlah
Gambar

78

85

Dosen Pembimbing

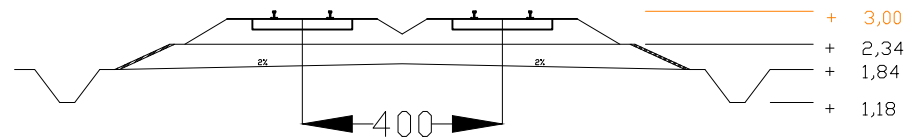
Ir. Wahyu Herijanto, MT.
Budi Rahardjo, ST. MT.

Nama & NRP Mahasiswa

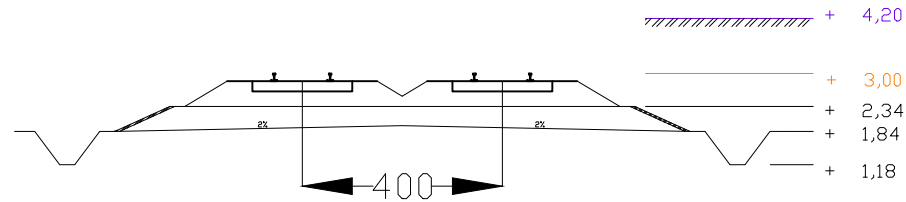
MUHAMMAD ZAINAL MUTTAQIN
03111440000146

30+500

//////////////////// + 4,90



31+000



Departemen
Teknik Sipil
FTSLK – ITS

Judul Tugas

Perancangan
Geometri Jalan Rel
Kamal–Pelabuhan
Tanjung Bulupandan
Di Madura

Nama Gambar

Potongan Melintang

Skala

Ukuran

1 : 150

cm

No
Gambar

Jumlah
Gambar

79

85

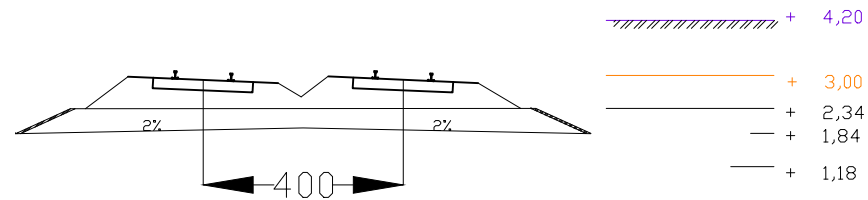
Dosen Pembimbing

Ir. Wahyu Herijanto, MT.
Budi Rahardjo, ST. MT.

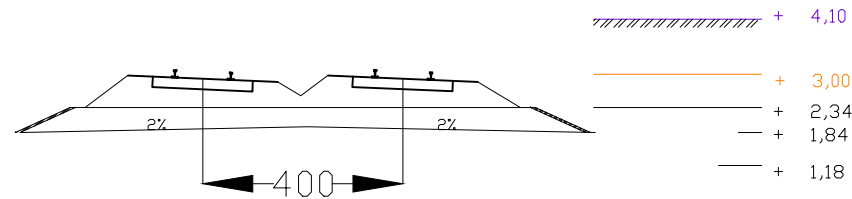
Nama & NRP Mahasiswa

MUHAMMAD ZAINAL MUTTAQIN
03111440000146

31+500



32+000



Departemen
Teknik Sipil
FTSLK – ITS

Judul Tugas

Perancangan
Geometri Jalan Rel
Kamal–Pelabuhan
Tanjung Bulupandan
Di Madura

Nama Gambar

Potongan Melintang

Skala

Ukuran

1 : 150

cm

No
Gambar

Jumlah
Gambar

80

85

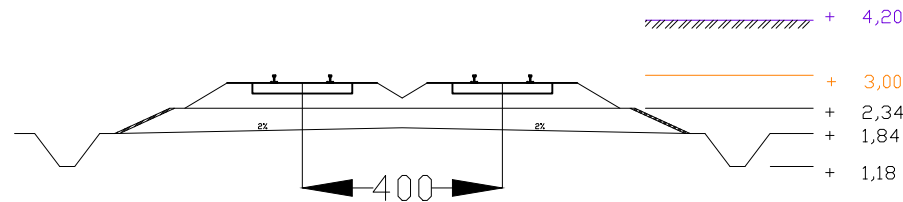
Dosen Pembimbing

Ir. Wahyu Herijanto, MT.
Budi Rahardjo, ST. MT.

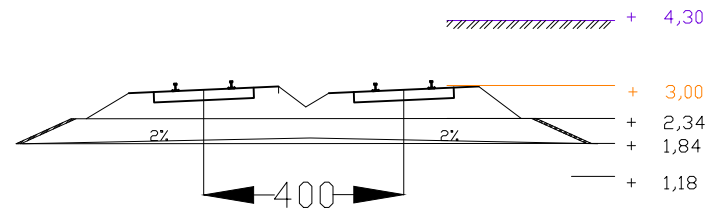
Nama & NRP Mahasiswa

MUHAMMAD ZAINAL MUTTAQIN
03111440000146

32+500



33+000



Departemen
Teknik Sipil
FTSLK – ITS

Judul Tugas

Perancangan
Geometri Jalan Rel
Kamal–Pelabuhan
Tanjung Bulupandan
Di Madura

Nama Gambar

Potongan Melintang

Skala

Ukuran

1 : 150

cm

No
Gambar

Jumlah
Gambar

81

85

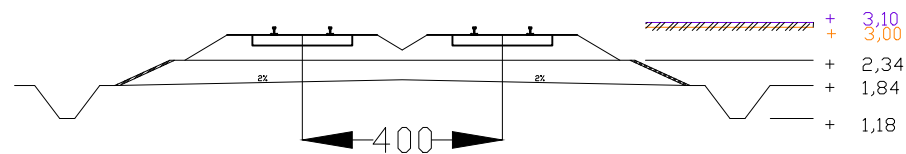
Dosen Pembimbing

Ir. Wahyu Herijanto, MT.
Budi Rahardjo, ST. MT.

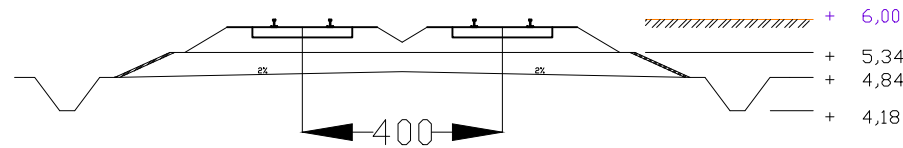
Nama & NRP Mahasiswa

MUHAMMAD ZAINAL MUTTAQIN
03111440000146

33+500



34+000



Departemen
Teknik Sipil
FTSLK – ITS

Judul Tugas

Perancangan
Geometri Jalan Rel
Kamal–Pelabuhan
Tanjung Bulupandan
Di Madura

Nama Gambar

Potongan Melintang

Skala

Ukuran

1 : 150

cm

No
Gambar

Jumlah
Gambar

82

85

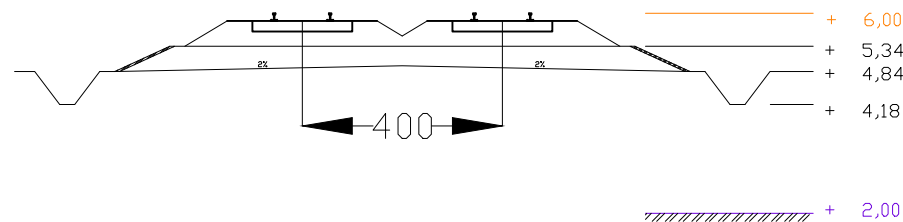
Dosen Pembimbing

Ir. Wahyu Herijanto, MT.
Budi Rahardjo, ST. MT.

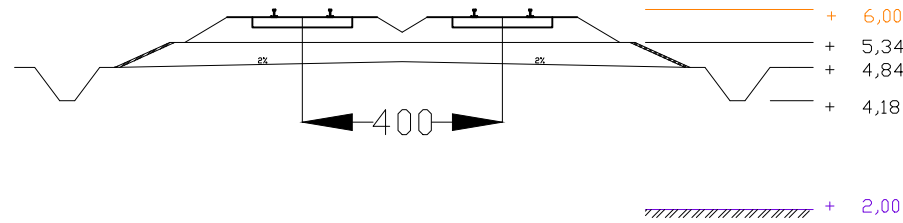
Nama & NRP Mahasiswa

MUHAMMAD ZAINAL MUTTAQIN
03111440000146

34+500



35+000



Departemen
Teknik Sipil
FTSLK – ITS

Judul Tugas

Perancangan
Geometri Jalan Rel
Kamal–Pelabuhan
Tanjung Bulupandan
Di Madura

Nama Gambar

Potongan Melintang

Skala

Ukuran

1 : 150

cm

No
Gambar

Jumlah
Gambar

83

85

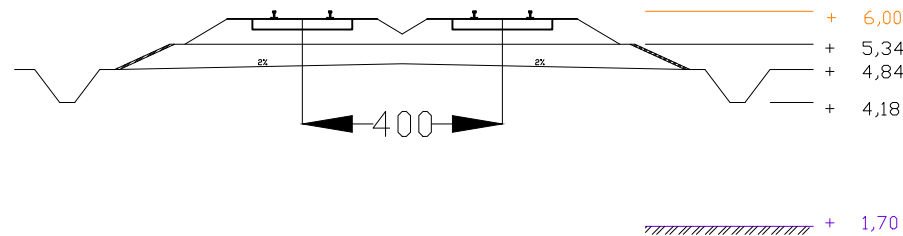
Dosen Pembimbing

Ir. Wahyu Herijanto, MT.
Budi Rahardjo, ST. MT.

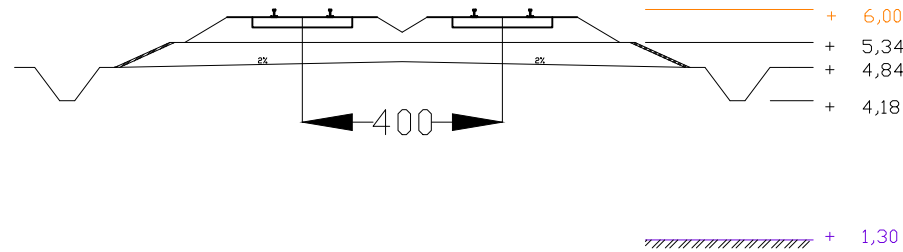
Nama & NRP Mahasiswa

MUHAMMAD ZAINAL MUTTAQIN
03111440000146

35+500



36+000



Departemen
Teknik Sipil
FTSLK – ITS

Judul Tugas

Perancangan
Geometri Jalan Rel
Kamal–Pelabuhan
Tanjung Bulupandan
Di Madura

Nama Gambar

Potongan Melintang

Skala

Ukuran

1 : 150

cm

No
Gambar

Jumlah
Gambar

84

85

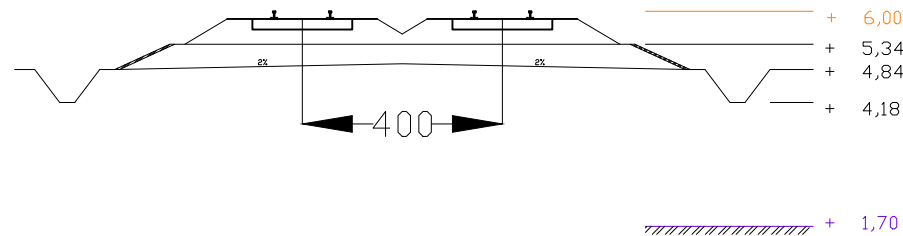
Dosen Pembimbing

Ir. Wahyu Herijanto, MT.
Budi Rahardjo, ST. MT.

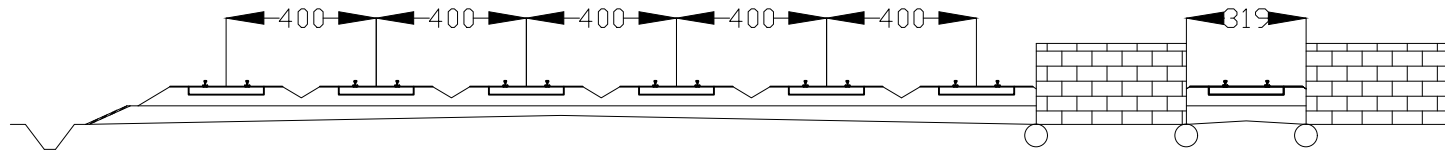
Nama & NRP Mahasiswa

MUHAMMAD ZAINAL MUTTAQIN
03111440000146

36+500



36+700



Departemen
Teknik Sipil
FTSLK – ITS

Judul Tugas

Perancangan
Geometri Jalan Rel
Kamal–Pelabuhan
Tanjung Bulupandan
Di Madura

Nama Gambar

Potongan Melintang

Skala

Ukuran

1 : 200

cm

No
Gambar

Jumlah
Gambar

85

85

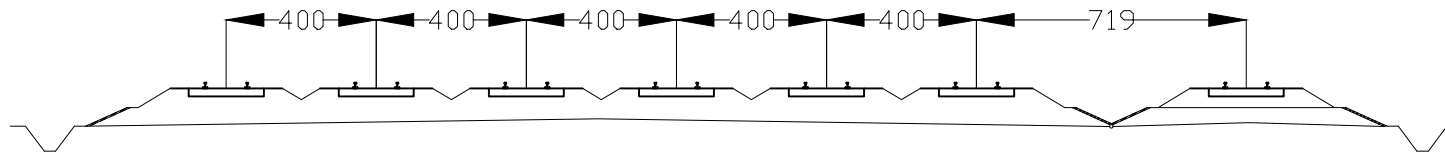
Dosen Pembimbing

Ir. Wahyu Herijanto, MT.
Budi Rahardjo, ST. MT.

Nama & NRP Mahasiswa

MUHAMMAD ZAINAL MUTTAQIN
03111440000146

37+000





Departemen
Teknik Sipil
FTSLK – ITS

Judul Tugas

Perancangan
Geometri Jalan Rel
Kamal–Pelabuhan
Tanjung Bulupandan
Di Madura

Nama Gambar

Skema Double Track

Skala

Ukuran

1 : 300

m

No
Gambar

Jumlah
Gambar

Dosen Pembimbing

Ir. Wahyu Herijanto, MT.
Budi Rahardjo, ST. MT.

Nama & NRP Mahasiswa

MUHAMMAD ZAINAL MUTTAQIN
03111440000146

